



**REKONDISI SISTEM KEMUDI DAN SISTEM SUSPensi
MOBIL TOYOTA HIACE**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



Oleh:

DIMAS ARCCI
07509131006

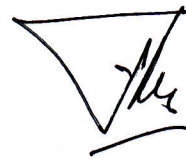
**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMOTIF FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
MEI 2011**

PERSETUJUAN

Proyek akhir yang berjudul **“REKONDISI SISTEM KEMUDI DAN SISTEM SUSPensi MOBIL TOYOTA HIACE”** ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, 5 April 2011

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn triangular border. The signature appears to be 'Tawardjono Us.'.

Tawardjono Us., M. Pd.

NIP. 19530312 197803 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

REKONDISI SISTEM KEMUDI DAN SISTEM SUSPENSI MOBIL TOYOTA HIACE

DIMAS ARCCI
07509131006

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Proyek Akhir
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Tanggal 15 April 2011

DEWAN PENGUJI

| Nama | Jabatan | Tanda Tangan | Tanggal |
|----------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Tawardjono Us., M. Pd. | Ketua Penguji |  | 24/5-'11 |
| H. Lilik Chaerul Yuswono, M. Pd. | Sekretaris Penguji |  | 23/5-'11 |
| Muhkamad Wakid, S. Pd., M. Eng | Penguji Utama |  | 23/05-2011 |

Yogyakarta, Mei 2011

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta




(Wardan Suyanto, Ed. D.)

NIP. 19540810 197803 1 001

MOTTO

اللَّهُ الَّذِي سَخَّرَ لَكُمُ الْبَحْرَ لَتَجْزِيَ الْفُلُكُ فِيهِ
بِأَمْرِهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

“Allah-lah yang menundukkan lautan untukmu supaya kapal-kapal dapat berlayar padanya dengan seizin-Nya dan supaya kamu dapat mencari karunia -Nya dan mudah-mudahan kamu bersyukur”
(Q.S. Al Jaatsiyah (45): 12)

Dua kesalahan besar dalam hidup adalah terlalu lama mengambil keputusan karena TERLALU BANYAK berpikir dan mengambil keputusan TANPA pemikiran
(penyusun, 2011)

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam.

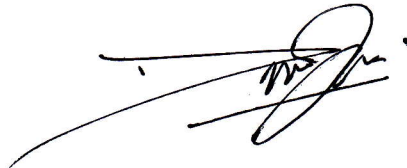
*Kupersembahkan karya kecil ini untuk kedua orangtuaku
beserta kakak dan adik-adikku yang senantiasa mendukungku
dengan segala daya dan doa.*

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 5 April 2011

Yang menyatakan

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Dimas Arcci', with a long horizontal stroke extending to the left.

Dimas Arcci

NIM. 07509131006

REKONDISI SISTEM KEMUDI DAN SISTEM SUSPENSI MOBIL TOYOTA HIACE

Oleh:
DIMAS ARCCI
07509131006

ABSTRAK

Tujuan dari Proyek Akhir ini adalah dapat mengidentifikasi kerusakan yang terjadi pada sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace, dapat memperbaiki sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace, serta dapat mengetahui kinerja sistem kemudi dan sistem suspensi pada mobil Toyota Hiace setelah diperbaiki.

Proses rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace diawali dengan mengidentifikasi kerusakannya. Proses identifikasi kerusakan dilakukan dengan cara memeriksa kelengkapan komponen, memeriksa kondisi fisik komponen, memeriksa kinerja komponen dan melakukan pengukuran. Kemudian proses perbaikan sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace ini dilakukan dengan mengganti atau memperbaiki komponen yang rusak, melengkapi komponen yang belum ada dan memasang kembali komponen-komponen dengan benar. Setelah itu dilakukan penyetelan dan pengujian.

Hasil identifikasi kerusakan yang terjadi pada sistem kemudi yaitu rusaknya *bushing* karet *idle arm* dan ausnya *ball joint* pada *drag link*, *relay rod*, *tie rod* dan *tie rod end*. Hasil identifikasi kerusakan yang terjadi pada sistem suspensi yaitu disebabkan oleh kesalahan pemasangan pegas spiral, dan *shock absorber* serta tidak adanya beberapa komponen seperti mur, baut dan karet *bushing*. Hasil perbaikan sistem kemudi yaitu semua komponen yang rusak diganti yang baru kecuali untuk *relay rod*. *Relay rod* diperbaiki dengan cara di *rebuilt*. Hasil perbaikan sistem suspensi yaitu melengkapi komponen yang tidak ada dengan komponen yang baru dan melakukan perbaikan pada *lower ball joint*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace ini kembali berfungsi dengan baik setelah dilakukan rekondisi. Hal ini terbukti dengan gerak bebas roda kemudi yang hanya 20 mm, *front wheel alignment* sesuai dengan spesifikasi standar pabrik, grafik uji peredaman kejutan menunjukkan bahwa sistem suspensi mampu untuk meredam kejutan, mobil mampu berjalan lurus tanpa ada gejala membuang ke sisi kanan atau kiri, mobil mampu berbelok dengan mulus dan mudah pada jalan yang datar tanpa terjadi gejala selip pada roda depan, roda kemudi mampu kembali ke posisi lurus setelah berbelok, roda kemudi dapat diputar dengan mudah, sistem suspensi mampu bekerja tanpa menimbulkan suara.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala limpah, rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Proyek Akhir “Rekondisi Sistem Kemudi dan Sistem Suspensi Mobil Toyota Hiace” ini dengan baik. Proyek Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat guna mencapai gelar Diploma-3 Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Penyusun menyadari Proyek Akhir ini tidak dapat tersusun dengan baik tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Wardan Suyanto, Ed. D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Martubi, M. Pd. M.T., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Moch. Solikhin, M. Kes., selaku Kepala Program Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Bapak Tawardjono Us., M. Pd., selaku Pembimbing Proyek Akhir.
5. Orang tuaku yang telah memberikan segenap tenaga, waktu dan biaya untukku selama ini.
6. Sahabat-sahabatku anggota tim mobil Toyota Hiace (Bintal Wahabi, Asep Trianto, Muhammad Arifin, Andi Anggoro, Yayan Yudhi, Giri Jiwo, Iwan Ristomo) yang telah berjuang bersama menyelesaikan Proyek Akhir ini.
7. Teman seperjuangan jurusan otomotif angkatan 2007 khususnya kelas I, yang telah menjadi motivator yang baik untukku.

8. Pihak-pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah membantu.

Penyusun menyadari bahwa Proyek akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penyusun berharap kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan dimasa yang akan datang.

Yogyakarta, 5 April 2011

Penyusun

Dimas Arcci

NIM. 07509131006

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---------------------------|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| MOTTO | iv |
| PERSEMBAHAN | v |
| SURAT PERNYATAAN | vi |
| ABSTRAK | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |

BAB I. PENDAHULUAN

| | |
|-------------------------------|---|
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 2 |
| C. Batasan Masalah | 3 |
| D. Rumusan Masalah | 4 |
| E. Tujuan | 4 |
| F. Manfaat | 4 |
| G. Keaslian Gagasan | 5 |

BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

| | |
|-------------------------------------------------------------|----|
| A. Rekondisi | 6 |
| B. Sistem Kemudi | 6 |
| 1. Roda kemudi | 7 |
| 2. <i>Steering Column</i> | 8 |
| 3. <i>Steering Gear</i> | 8 |
| 4. <i>Steering Linkage</i> | 9 |
| C. Kemungkinan Kerusakan dan Pemeriksaan Sistem Kemudi | 10 |
| D. Sistem Suspensi | 12 |

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 1. Suspensi Depan | 13 |
| 2. Suspensi Belakang | 18 |
| 3. <i>Suspension Damping</i> | 21 |
| E. Kemungkinan Kerusakan dan Pemeriksaan Sistem Suspensi ... | 24 |
| F. <i>Wheel Alignment</i> | 27 |
| 1. <i>Camber</i> | 29 |
| 2. <i>Caster</i> | 31 |
| 3. <i>King Pin Iclination</i> | 33 |
| 4. <i>Toe</i> | 34 |
| 5. <i>Turning Radius</i> | 36 |
| BAB III. KONSEP RANCANGAN | |
| A. Rancangan Rekondisi | 38 |
| B. Rancangan Langkah Kerja | 39 |
| C. Analisis Kebutuhan Alat dan Bahan | 40 |
| D. Rancangan Kebutuhan Biaya Rekondisi | 41 |
| E. Rancangan Pengujian | 41 |
| F. Perencanaan Waktu Rekondisi | 42 |
| BAB IV. PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| A. Proses | 44 |
| 1. Identifikasi | 44 |
| 2. Pemasangan | 50 |
| 3. Penyetelan | 53 |
| 4. Pengujian | 57 |
| B. Hasil | 60 |
| 1. Hasil Identifikasi Lanjutan | 60 |
| 2. Hasil Perbaikan dan Pemasangan | 61 |
| 3. Hasil Pengujian | 61 |
| C. Pembahasan | 62 |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| A. Kesimpulan | 68 |
| B. Keterbatasan | 69 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| C. Saran | 69 |
| DAFTAR PUSTAKA | 71 |
| LAMPIRAN | 72 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 1. Sistem kemudi | 7 |
| Gambar 2. Roda kemudi | 8 |
| Gambar 3. <i>Steering Gear Tipe Recirculating Ball</i> | 9 |
| Gambar 4. <i>Steering Linkage</i> | 10 |
| Gambar 5. Sistem Suspensi | 12 |
| Gambar 6. Suspensi <i>Double Wishbone</i> dengan Pegas Koil | 13 |
| Gambar 7. Arah Pemasangan Pegas Koil | 14 |
| Gambar 8. Bagian-bagian <i>Ball Joint</i> | 16 |
| Gambar 9. <i>Stabilizer Bar</i> | 17 |
| Gambar 10. <i>Bumper</i> | 18 |
| Gambar 11. Suspensi Pegas Daun | 18 |
| Gambar 12. Komponen Pegas Daun | 19 |
| Gambar 13. <i>Shackle</i> | 20 |
| Gambar 14. Contoh Grafik untuk <i>Under Damped Suspension</i> | 21 |
| Gambar 15. Contoh Grafik untuk <i>Critically Damped Suspension</i> | 22 |
| Gambar 16. Contoh Grafik untuk <i>Over Damped Suspension</i> | 22 |
| Gambar 17. <i>Damper Tester</i> | 23 |
| Gambar 18. Posisi Pemeriksaan <i>Shock Absorber</i> | 25 |
| Gambar 19. Pengecekan <i>Ball Joint</i> pada <i>Upper Arm</i> dan <i>Lower Arm</i> | 26 |
| Gambar 20. CCKG | 28 |
| Gambar 21. <i>Toe Gauge</i> | 28 |
| Gambar 22. <i>Camber</i> | 29 |
| Gambar 23. Penempatan <i>Shim Camber</i> | 30 |
| Gambar 24. <i>Caster</i> | 31 |
| Gambar 25. <i>Steering Axis Inclination</i> | 33 |
| Gambar 26. <i>Toe</i> | 35 |
| Gambar 27. Pemutaran <i>Adjusting Tube</i> | 36 |
| Gambar 28. <i>Toe Out</i> saat Berbelok | 37 |
| Gambar 29. Baut Penyetel <i>Steering Gear Box</i> | 54 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 30. Penempatan <i>Shim Camber</i> | 55 |
| Gambar 31. Posisi <i>upper arm shaft</i> | 55 |
| Gambar 32. <i>Adjusting tube</i> | 56 |
| Gambar 33. Grafik Uji Peredaman Kejutan Suspensi Depan | 62 |
| Gambar 34. Grafik Uji Peredaman Kejutan Suspensi Belakang | 62 |

DAFTAR TABEL

Halaman

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. Daftar Rancangan Biaya Kebutuhan Komponen dan Bahan | 41 |
| Tabel 2. Perencanaan Waktu Pengerjaan Rekondisi Sistem Kemudi dan Sistem Suspensi Mobil Toyota Hiace | 43 |
| Tabel 3. Momen Pengencangan Sistem Kemudi | 51 |
| Tabel 4. Momen Pengencangan Sistem Suspensi | 53 |
| Tabel 5. Spesifikasi <i>Front Wheel Alignment</i> Mobil Toyota Hiace | 57 |
| Tabel 6. Daftar Pemakaian Bahan dan Komponen beserta Harganya | 59 |
| Tabel 7. Waktu Pelaksanaan Rekondisi | 59 |
| Tabel 8. Data Pengukuran <i>Front Wheel Alignment</i> Sebelum Perbaikan | 60 |
| Tabel 9. Data Pengukuran <i>Front Wheel Alignment</i> Setelah Perbaikan | 62 |

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1. <i>Instructions for Camber, Castor & King-Pin Gauge Model</i> | |
| No. GA450 | 72 |
| Lampiran 2. Kartu Bimbingan Proyek Akhir | 74 |
| Lampiran 3. Bukti Selesai Revisi Proyek Akhir D3 | 79 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sumber daya manusia yang kompeten pada bidangnya adalah penentu berkembangnya suatu Negara. Sumber daya manusia yang kompeten tersebut tidak dapat diperoleh tanpa adanya pelatihan atau pembelajaran terhadapnya. Disinilah peran dari lembaga pendidikan atau pelatihan. Lembaga tersebut akan menghasilkan sumber daya manusia yang kompeten dalam bidangnya.

Suatu lembaga pendidikan atau pelatihan ini memerlukan fasilitas-fasilitas yang memadai untuk menghasilkan sumber daya manusia yang terlatih. Fasilitas-fasilitas ini akan mempermudah dan mempercepat proses pelatihan. Idealnya tempat-tempat pelatihan memiliki fasilitas yang lengkap dan terawat. Macamnya fasilitaspun sangat beragam. Salah satu fasilitas tersebut adalah mobil praktek. Mobil praktek yang terawat akan memperlancar kegiatan pelatihan. Namun pada kenyataannya banyak dijumpai mobil praktek dalam kondisi yang tidak layak untuk digunakan. Hal tersebut terjadi karena mobil praktek kurang diperhatikan perawatannya.

Kurangnya perawatan pada mobil praktek bisa disebabkan karena minimnya biaya yang dikeluarkan untuk perawatan. Kurangnya waktu yang diluangkan untuk melakukan perawatan menyebabkan mobil praktek menjadi terbengkalai. Sulitnya pencarian komponen-komponen untuk mobil tahun pembuatan lama bisa menjadi faktor yang menyebabkan mobil praktek kurang perawatan.

Demikian juga halnya di Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta. Sebagai salah satu universitas yang menghasilkan lulusan yang berkompeten dalam bidangnya, Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta juga memerlukan fasilitas-fasilitas yang layak untuk mendukung proses pelatihan. Salah satu fasilitas tersebut adalah mobil praktek.

Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta memiliki beberapa mobil praktek tetapi tidak semua mobil praktek dalam kondisi layak pakai. Ada beberapa mobil praktek yang kondisinya tidak terawat. Salah satunya yaitu mobil Toyota Hiace yang sudah tidak dapat beroperasi karena terjadi kerusakan pada sistem-sistem pendukungnya. Kerusakan ini mengakibatkan mobil tersebut tidak dapat dipakai untuk fasilitas pendukung pelatihan. Oleh karena itulah mobil Toyota Hiace ini dijadikan sebagai objek Proyek Akhir untuk mahasiswa Teknik Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan identifikasi awal pada mobil Toyota Hiace diketahui terdapat banyak kerusakan diantaranya kerusakan pada motor dan kelistrikannya, kerusakan pada kelistrikan bodi, kerusakan pada sistem pemindah tenaga, kerusakan pada sistem rem, kerusakan pada sistem kemudi dan kerusakan pada sistem suspensi.

Kerusakan pada sistem kelistrikan motor yaitu rangkaian kabel kelistrikan motor tidak ada, pada sistem stater motor stater tidak ada, pada

sistem pengapian distributor tidak ada dan pada sistem pengisian regulator tidak ada.

Kerusakan yang terjadi pada kelistrikan bodi yaitu komponen tidak lengkap dan rangkaian sistem elektrikal bodi banyak yang putus.

Sistem pemindah tenaga mengalami kerusakan kebocoran pada sistem hidrolik. Transmisi susah dioperasikan karena mekanisme pemindahannya mengalami korosi.

Kebocoran pada sistem hidrolik juga terjadi pada sistem rem sehingga rem tidak dapat berfungsi. Mekanisme rem tangan juga mengalami kerusakan.

Sistem kemudi mengalami kerusakan pada *ball joint linkage*, *idle arm* sehingga mengakibatkan jarak main bebas roda kemudi sangat besar. Sistem suspensi terasa tidak nyaman karena tidak lengkapnya komponen-komponen dan kesalahan pemasangan komponen.

Pada bodi mobil terdapat beberapa kerusakan yang tentunya dapat menurunkan nilai estetika. Kerusakan tersebut yaitu warna bodi yang telah memudar, terdapat banyak goresan, ada bagian yang penyok dan pengeroposan bodi akibat mengalami korosi.

C. Batasan Masalah

Hasil dari identifikasi masalah di atas memaparkan permasalahan-permasalahan yang ada pada mobil Toyota Hiace ini. Berdasarkan pertimbangan banyaknya masalah yang ada, serta keterbatasan pada anggaran dan waktu maka kegiatan Proyek Akhir ini dibatasi pada sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah teridentifikasi pada langkah awal maka dapat diambil rumusan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi kerusakan yang terjadi pada sistem kemudi dan sistem suspensi pada mobil Toyota Hiace?
2. Bagaimana memperbaiki dan merekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi pada mobil Toyota Hiace?
3. Bagaimana kinerja sistem kemudi dan sistem suspensi pada mobil Toyota Hiace setelah diperbaiki?

E. Tujuan Rekondisi

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan rekondisi Mobil Toyota Hiace adalah sebagai berikut :

1. Agar dapat mengidentifikasi kerusakan yang terjadi pada sistem kemudi dan sistem suspensi pada mobil Toyota Hiace.
2. Agar dapat memperbaiki sistem kemudi dan sistem suspensi pada mobil Toyota Hiace.
3. Agar dapat mengetahui kinerja sistem kemudi dan sistem suspensi pada mobil Toyota Hiace setelah diperbaiki.

F. Manfaat

Manfaat yang bisa didapatkan dalam rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace adalah :

1. Dapat dijadikan pengalaman yang berharga untuk dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi penulis.

2. Agar mahasiswa lebih mengenal dan memahami serta mampu mendiagnosis sistem kemudi dan sistem suspensi dengan benar.
3. Dapat mengetahui proses dan teknik perbaikan sistem kemudi dan sistem suspensi dengan benar.
4. Agar Jurusan Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta memiliki tambahan objek pelatihan sistem kemudi dan sistem suspensi.

G. Keaslian Gagasan

Rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace merupakan gagasan dari seorang dosen pengajar. Didasari oleh adanya mobil kampus di bengkel Jurusan Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta yang tidak dapat dioperasikan karena mengalami banyak kerusakan pada bagian-bagian utama pada setiap sistemnya. Untuk itu dengan melakukan rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensinya, mobil Toyota Hiace ini diharapkan dapat digunakan dan dimanfaatkan kembali sebagai fasilitas pendukung pelatihan di bengkel Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Dalam proses rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi pada mobil Toyota Hiace diperlukan adanya pemahaman akan hal-hal yang berkaitan dengan proses rekondisi seperti arti rekondisi, fungsi-fungsi tiap komponen, cara kerja suatu sistem, gangguan yang dapat terjadi serta cara perbaikannya, dengan begitu proses rekondisi dapat dilakukan dengan efisien.

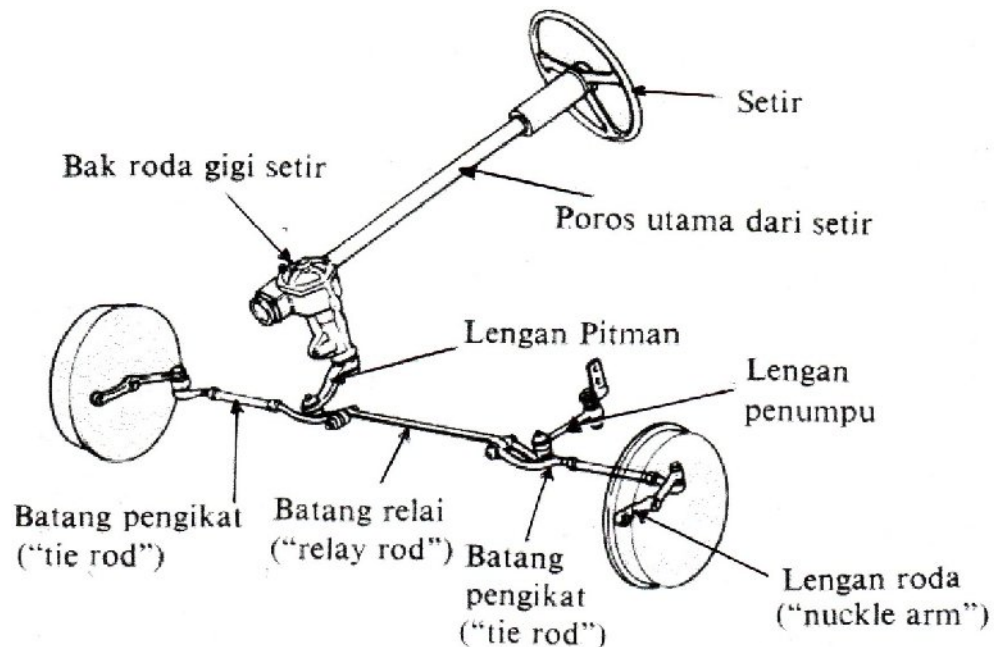
A. Rekondisi

Rekondisi termasuk dalam jenis kata serapan, diambil dari kata *recondition* dalam bahasa Inggris. Menurut kamus *The American Heritage Dictionary Of The English Language*, *recondition* memiliki arti “*to restore to good condition, especially by repairing, renovating, or rebuilding*” yang jika diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia memiliki arti “untuk memulihkan ke kondisi yang bagus, terutama dengan cara memperbaiki, memperbarui, atau membangun kembali”. Sedangkan menurut kamus *Webster’s New World College Dictionary*, *recondition* berarti “*to put back in good condition, as by cleaning, patching, or repairing*” atau “mengembalikan ke kondisi yang bagus, dengan cara membersihkan, menambal, atau memperbaiki”.

B. Sistem Kemudi

Sistem kemudi adalah suatu sistem pada kendaraan yang berfungsi untuk mengatur arah kendaraan sesuai dengan keinginan pengemudi. Tipe sistem kemudi pada tiap kendaraan tidak selalu sama. Pemilihan tipe sistem

kemudi tergantung dari model kendaraan, sistem suspensi, sistem pemindah tenaga, berat kendaraan dan masih banyak faktor lainnya.

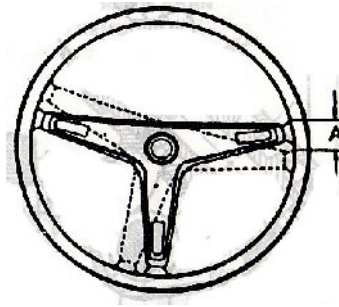


Gambar 1. Sistem Kemudi (Wiranto A. dan Osamu H., 2006: 81)

Mobil Toyota Hiace menggunakan sistem kemudi dengan *steering gear* tipe *recirculating ball*. *Steering gear* adalah salah satu komponen utama dalam sistem kemudi, masih terdapat beberapa komponen utama lainnya. Komponen utama tersebut adalah:

1. Roda Kemudi

Tenaga putar dari tangan pengemudi akan disalurkan pertama kali ke roda kemudi. Roda kemudi harus dapat dijangkau dan dipegang dengan mudah oleh pengemudi. Diameter roda kemudi mempengaruhi tenaga yang akan dikeluarkan oleh pengemudi. Jika semakin besar diameter roda kemudi maka momennya akan semakin besar, tenaga yang dikeluarkan pengemudi pun akan semakin kecil begitu juga sebaliknya.



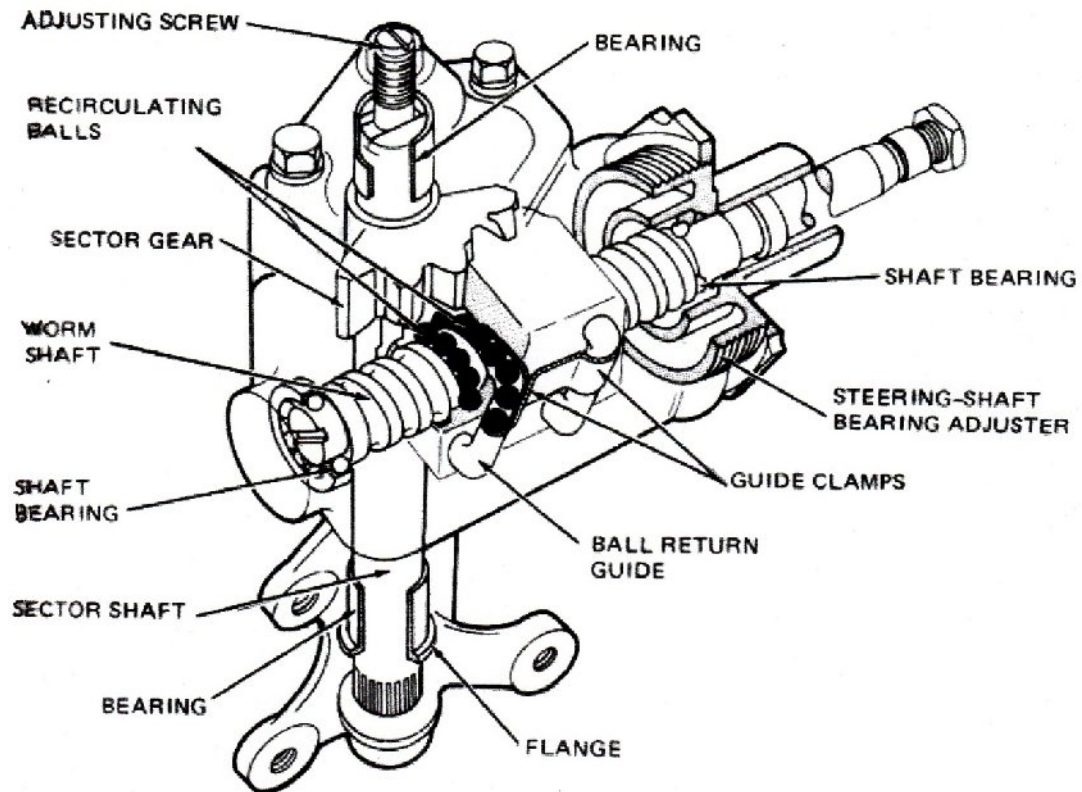
Gambar 2. Roda Kemudi (Daryanto, 2005: 270)

2. *Steering Column*

Steering column terdiri dari *main shaft* yang meneruskan putaran roda kemudi ke *steering gear*, dan *column tube* yang mengikat *main shaft* ke bodi. Bagian bawah *main shaft* dihubungkan pada *steering gear* melalui *flexible joint* atau *universal joint* yang berfungsi untuk memperkecil pengiriman kejutan yang diakibatkan oleh keadaan jalan dari *steering gear* ke roda kemudi (Anonim, 1995: 5-28).

3. *Steering Gear*

Selain berfungsi untuk mengarahkan roda depan *steering gear* juga berfungsi sebagai gigi reduksi untuk meningkatkan momen agar kemudi menjadi ringan. Biasanya perbandingan *steering gear* antara 18 sampai 20 : 1 (Anonim, 1995: 5-30). Semakin besar perbandingan akan menyebabkan kemudi menjadi semakin ringan akan tetapi jumlah putaran akan semakin banyak untuk sudut belok yang sama.

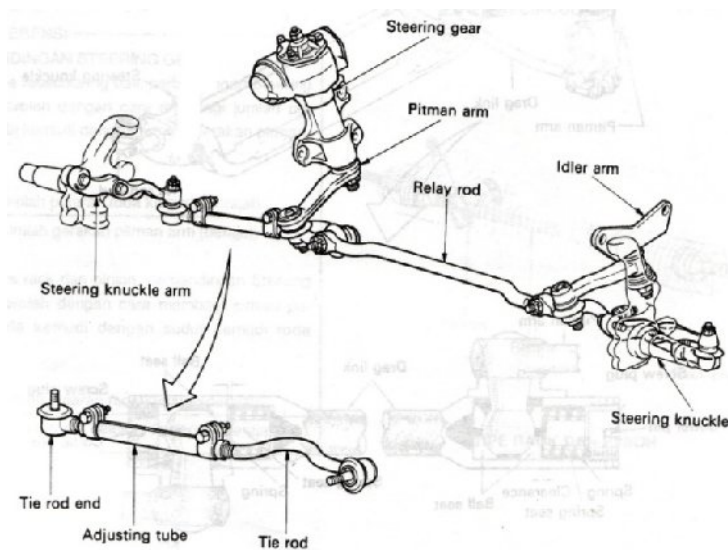


Gambar 3. *Steering Gear Tipe Recirculating Ball* (William H. C. dan Donald L. A., 1978: 41)

Mobil Toyota Hiace menggunakan *steering gear* tipe *recirculating ball*. Komponen-komponen yang terdapat di dalam *steering gear* ini ditunjukkan oleh gambar 3. Cara kerja *steering gear recirculating ball* ini yaitu ketika roda kemudi diputar maka *worm shaft* akan berputar. Hal ini menyebabkan *sector* bergerak bergeser pada *worm shaft*. Bergesernya *sector* membuat *sector gear* berputar menggerakkan *pitman arm*.

4. *Steering Linkage*

Fungsi utama dari *steering linkage* adalah meneruskan gerakan dari *steering gear* ke roda depan dengan akurat setiap saat walaupun mobil sedang bergerak.



Gambar 4. *Steering Linkage* (Anonim, 1995: 5-32)

Steering linkage untuk suspensi independen seperti Toyota Hiace ini terdiri dari *pitman arm*, *drag link*, *bell crank*, *idle arm*, *relay rod*, sepasang *tie rod* dan *knuckle arm*. Pada tiap *tie rod* terdapat sebuah pipa untuk menyetel panjang *rod*. Antara satu komponen *steering linkage* dengan komponen lainnya dihubungkan melalui *ball joint*.

C. Kemungkinan Kerusakan dan Pemeriksaan Sistem Kemudi

Kerusakan pada sistem kemudi akan menyebabkan munculnya gejala-gejala tertentu. Berikut ini akan dibahas tentang kerusakan apa saja yang dapat terjadi beserta hal-hal apa saja yang harus diperiksa pada tiap komponen utama sistem kemudi.

1. Roda Kemudi

Hal-hal yang harus diperiksa pada roda kemudi adalah kekencangan mur penyambung roda kemudi dengan *steering column* dan gerak bebas roda kemudi. Spesifikasi gerak bebas roda kemudi mobil Toyota Hiace ini adalah sekitar 25 mm (Anonim, 1977: 8-2).

2. *Steering Column*

Kerusakan yang dapat terjadi pada *steering column* diantaranya adalah bengkoknya batang kemudi, ausnya *bearing* penahan batang kemudi dengan tabung kemudi, kurang kencangnya mur-mur atau baut penahan tabung kemudi. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan menggerak-gerakkan *steering column*, apakah ada kelonggaran atau tidak pada *bearing*, apakah tabung kemudi sudah terpasang dengan benar.

3. *Steering Gear*

Steering gear tidak perlu dibongkar jika tidak mengalami kerusakan. Kerusakan yang terjadi antara lain gerak bebas roda kemudi tetap besar meskipun sudah distel, ini bisa dikarenakan ausnya *sector gear*, *worm shaft*, *nut* atau bisa juga *adjusting bolt* mengalami kerusakan. Kerusakan yang lain adalah putaran *steering gear* berat atau tidak lancar. Penyebabnya bisa karena kurangnya pelumas, kesalahan penyetelan dan atau kerusakan pada komponen didalam *steering gear*. Umumnya pelumas yang dipakai memiliki angka kekentalan SAE 90.

4. *Steering Linkage*

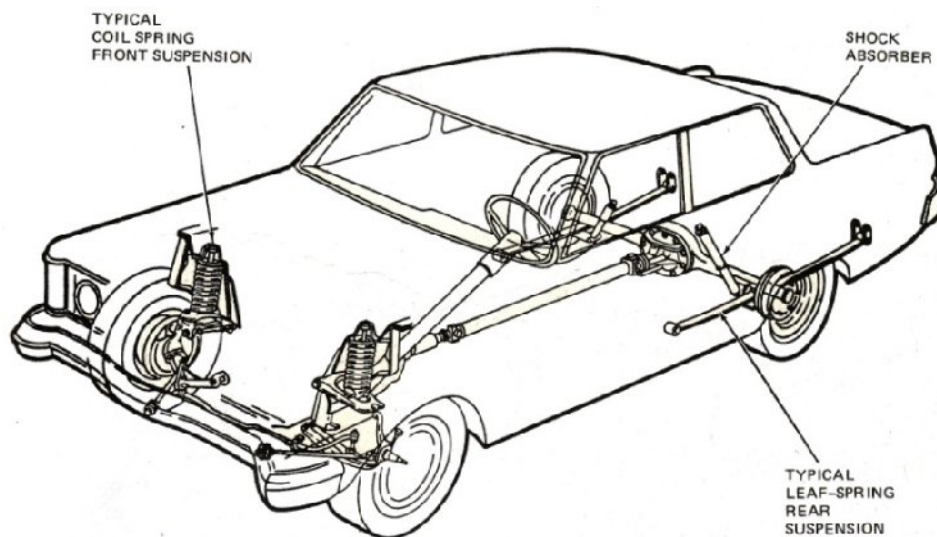
Pemeriksaan *steering linkage* meliputi pemeriksaan kekencangan baut dan mur-mur penyambung, pemeriksaan sambungan dari kekocakan. Ausnya *ball joint* dapat menyebabkan sambungan menjadi kocak. Faktor utama penyebab gerak bebas roda kemudi semakin besar adalah ausnya *ball joint* pada *steering linkage*. Selain itu *ball joint* yang aus juga dapat merubah *toe* roda sehingga dapat menyebabkan roda aus pada bagian dalamnya saja (khusus mobil berpenggerak roda belakang).

D. Sistem Suspensi

Tujuan utama dari sistem suspensi yaitu memberi kenyamanan dan keamanan dalam berkendara. Suatu sistem suspensi harus dapat:

1. Menyerap kejutan dari permukaan jalan agar tidak diteruskan ke kerangka mobil dan penumpang.
2. Mampu menahan efek gaya yang ditimbulkan pada saat pengereman, akselerasi, atau pada saat membelok.
3. Menjaga ban agar selalu kontak terhadap jalan setiap saat.

Syarat yang disebut di atas sangatlah sulit untuk diwujudkan secara sempurna oleh karena itulah setiap model sistem suspensi memiliki kelebihan dan kelemahannya masing-masing.

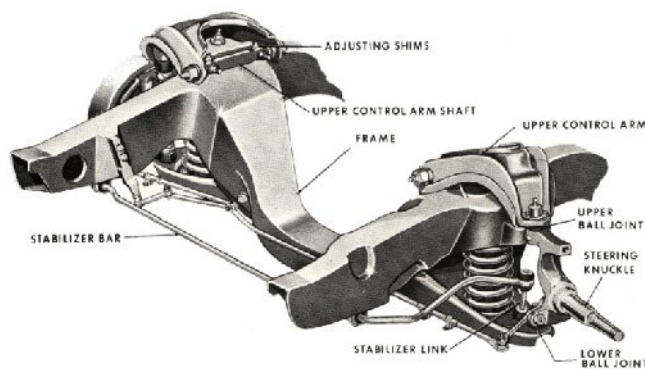


Gambar 5. Sistem Suspensi (William H. C. dan Donald L. A., 1978: 39)

Selanjutnya akan dibahas tentang oskilasi bodi, suspensi depan dan suspensi belakang agar pemahaman tentang sistem suspensi dapat lebih mendalam.

1. Suspensi Depan

Sistem suspensi roda depan pada mobil Toyota Hiace ini menggunakan suspensi model bebas yang mana roda kiri dan roda kanan tidak dihubungkan secara langsung oleh *axle* tunggal. Masing-masing roda dapat bergerak bebas tanpa saling mempengaruhi. Tipenya menggunakan *double wishbone* dengan pegas koil. Ciri utama dari tipe *double wishbone* adalah terdapatnya dua lengan suspensi (*upper* dan *lower arm*) yang menghubungkan roda dengan bodi.



Gambar 6. Suspensi *Double Wishbone* dengan Pegas Koil (William H. C. dan Donald L. A., 1978: 80)

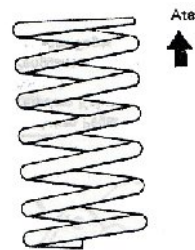
a. Pegas

Pegas berfungsi menyerap kejutan dari jalan dan getaran roda-roda agar tidak diteruskan ke bodi kendaraan secara langsung (Anonim, 1995: 5-4). Selain itu pegas juga berfungsi untuk menjaga ketinggian kendaraan dari permukaan tanah (*ground clearance*), menjamin cengkraman ban terhadap jalan, menyokong berat kendaraan dan meneruskan gaya gravitasi ke roda. Pada suspensi depan Toyota Hiace ini menggunakan pegas koil dan suspensi belakang menggunakan pegas daun.

Pegas koil dibuat dari batang baja khusus yang digulung hingga berbentuk spiral. Karakteristik dari pegas koil antara lain:

1. Tidak dapat menahan gaya dari arah samping dan bujur. Oleh karena itu dibutuhkan suatu penghubung (*links*) atau suatu lengan (*arms*).
2. Hanya membutuhkan perawatan ringan atau bahkan tanpa perawatan sama sekali.
3. Memiliki jarak main yang panjang.

Keunggulan pegas ini dibanding pegas lainnya yaitu mempunyai elastisitas yang lebih baik terhadap kejutan sehingga dapat memberikan kenyamanan yang lebih baik. Namun dari segi penyerapan kejutan, pegas koil paling buruk dibanding pegas lainnya.



Gambar 7. Arah Pemasangan Pegas Koil (Daryanto, 2005: 244)

Arah pemasangan pegas koil menyesuaikan dengan konstruksi *lower swing arm* mobil. Arah pemasangan pegas koil mobil Toyota Hiace seperti yang ditunjukkan oleh gambar 11.

b. *Shock Absorber*

Sifat elastisitas pegas yang cenderung berayun-ayun ketika menerima suatu gaya merupakan suatu kerugian, untuk itulah *shock absorber* dibuat. Fungsi *shock absorber* adalah meredam gerakan

mengayun-ayun dari pegas. Dengan diredamnya gerakan mengayun itu kestabilan kendaraan akan terjaga, menambah keawetan komponen lainnya dan menjaga kontak ban dengan jalan. Gaya redam ini dihasilkan oleh adanya tahanan aliran minyak karena melalui *orifice* (lubang kecil) pada waktu piston bergerak (Anonim, 1995: 5-5).

Dari kesekian banyaknya jenis *shock absorber*, mobil Toyota Hiace ini menggunakan *shock absorber* kerja ganda (*double acting shock absorber*). *Shock absorber* kerja ganda meredam gerakan mengayun baik saat bergerak ke bawah (langkah kompresi) ataupun saat bergerak ke atas (langkah ekspansi).

c. Lengan Suspensi

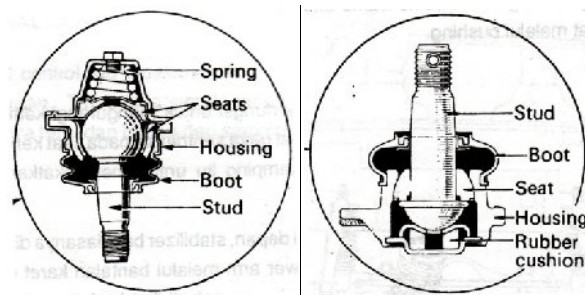
Lengan suspensi menghubungkan kerangka dengan roda. Pada lengan suspensi terdapat poros lengan yang dipasang pada kerangka dan *ball joint* di ujung satunya yang disambungkan pada *steering knuckle*. Dengan konstruksi seperti itu memungkinkan lengan suspensi untuk bergerak mengayun vertikal. Selain itu lengan suspensi juga harus dapat menahan gaya dari arah samping dan bujur.

Perawatan lengan suspensi mobil Toyota Hiace ini yaitu dengan mengganti gemuk pada poros-poros lengan suspensi secara berkala.

d. *Ball joint*

Ball joint digunakan pada sistem kemudi dan sistem suspensi. *Ball joint* menerima beban vertikal maupun lateral (Anonim, 1995: 5-7). *Ball joint* juga berfungsi sumbu putaran roda pada saat membelok dan sumbu putar pada komponen *steering linkage*. Perawatan *ball joint* yaitu

dengan mengganti gemuk sesuai dengan interval penggantian tertentu, gemuk yang digunakan adalah tipe *molybdenum disulfide lithium base*.



Gambar 8. Bagian-bagian *Ball Joint* (Anonim, 1995: 5-7)

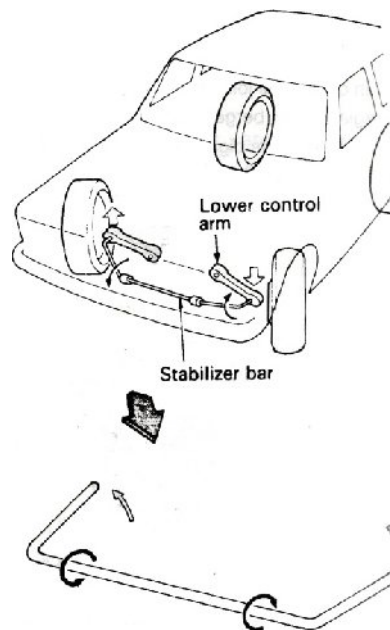
e. *Bushing Karet*

Bushing karet berfungsi untuk meredam getaran, memudahkan pergerakan komponen lainnya. *Bushing* karet sering dipakai sebagai landasan komponen lainnya oleh karena itulah *bushing* karet dapat mengalami kerusakan. Kerusakan *bushing* karet antara lain sobek, retak, kehilangan sifat elastisnya, berubah bentuk. *Bushing* karet tidak dapat diperbaiki, *bushing* karet yang sudah rusak harus diganti dengan yang baru.

f. *Stabilizer Bar*

Stabilizer bar (anti-roll bar) berfungsi untuk mengurangi kemiringan kendaraan (*body roll*) akibat gaya sentrifugal pada saat membelok. Ketika suspensi tertekan pada sisi kanan dan kirinya secara bersamaan dengan jarak yang sama, *stabilizer bar* tidak akan memberikan efek apapun karena *stabilizer bar* hanya mengayun tanpa mengalami puntiran. *Stabilizer bar* akan berfungsi saat *stabilizer bar* mengalami gaya puntir karena pergerakan suspensi yang berbeda antara sisi kanan dan kiri. Pada saat membelok terjadi gaya sentrifugal yang

mengakibatkan sisi luar kendaraan akan tertekan, suspensi sisi luarpun akan tertekan dan suspensi sisi dalam akan mengembang. Perbedaan pergerakan ini mengakibatkan *stabilizer bar* akan terpuntir sedangkan *stabilizer bar* cenderung menahan akan puntiran. Penahanan gaya puntir oleh *stabilizer bar* akan mengurangi *body roll* dan menjaga batas aman kemiringan kendaraan. Kerugian dari pemakaian *stabilizer bar* adalah kebebasan perbedaan pergerakan sisi kanan dan kiri suspensi menjadi terbatas.



Gambar 9. *Stabilizer Bar* (Anonim, 1995: 5-8)

g. *Bumper*

Bahan utama pembuat *bumper* adalah karet. *Bumper* berfungsi untuk melindungi kerangka, *axle* dan komponen-komponen sistem suspensi dari tumbukan saat pegas mengerut dan mengembang diluar batas maksimum. *Bumper* di bagi dua yaitu *rebounding bumper* dan *bounding bumper*. *Rebounding bumper* adalah *bumper* yang bertugas

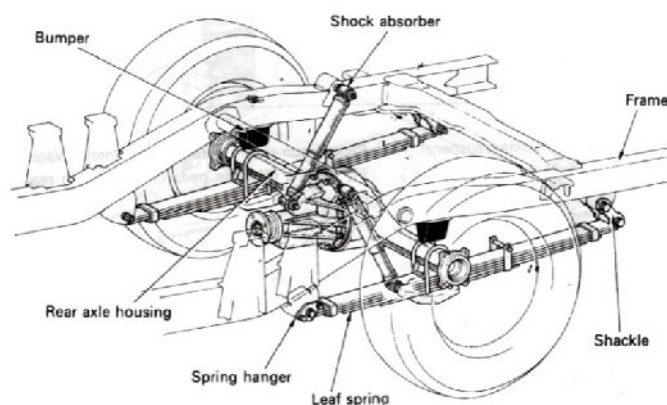
menahan tumbukan saat suspensi mengembang. *Bounding bumper* adalah *bumper* yang bertugas menahan tumbukan saat suspensi mengerut.



Gambar 10. *Bumper* (Anonim, 1995: 5-10)

2. Suspensi Belakang

Pada roda belakang model suspensi yang digunakan adalah model suspensi rigid. Tipenya menggunakan tipe pegas daun paralel. Keunggulan dari tipe ini adalah konstruksinya sederhana dan kuat menahan beban berat.



Gambar 11. Suspensi Pegas Daun (Anonim, 1995: 5-19)

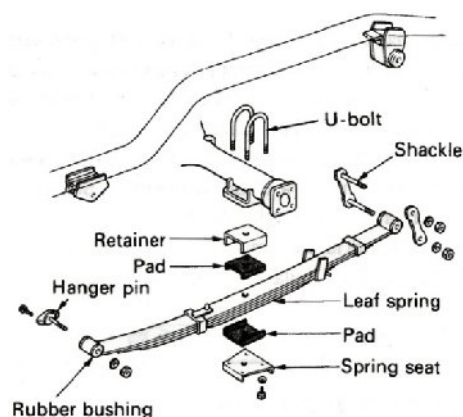
Suspensi belakang memiliki beberapa komponen utama yang sama seperti komponen suspensi depan yaitu *shock absorber*, *bushing karet* dan

bumper. Ketiga komponen tersebut telah dijelaskan di bagian suspensi depan, komponen suspensi belakang lainnya akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Pegas

Pegas daun selain fungsi utamanya sebagai penyerap getaran, fungsi utama pegas daun juga sebagai penopang *axle*. Pegas daun dibuat dari bilah baja lentur yang dibengkokkan. Dalam satu pegas daun terdapat beberapa bilah baja yang disatukan. Karakteristik dari pegas daun antara lain:

1. Dapat menahan gaya dari arah samping maupun bujur.
2. Memiliki jarak main yang pendek.
3. Memiliki penyerapan getaran yang baik.
4. Mampu menopang beban yang berat.
5. Membutuhkan perawatan.

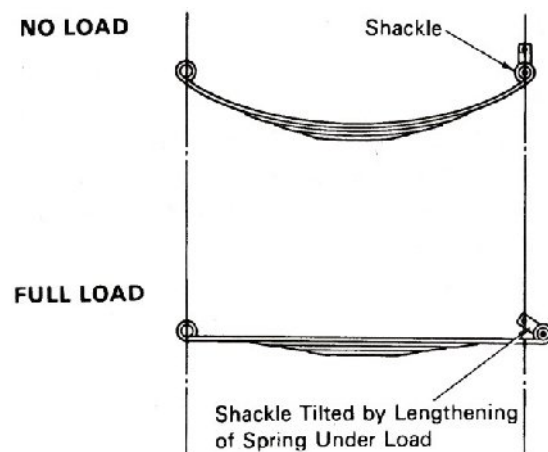


Gambar 12. Komponen Pegas Daun (Anonim, 1995: 5-20)

b. *Shackle*

Shackle berfungsi sebagai pengimbang panjang pegas daun saat pegas daun mengalami perubahan bentuk akibat menerima gaya tekan.

Dengan *shackle*, pegas daun dapat berdefleksi dengan lancar dan mengurangi resiko pegas daun patah. Umumnya *shackle* dipasang pada bagian ujung belakang pegas daun.



Gambar 13. *Shackle* (Anonim, 1995: 5-20)

c. *Hanger Pin*

Hanger pin berfungsi sebagai penahan suspensi belakang agar suspensi belakang mampu menahan gaya dari arah bujur. Hanger pin dipasang pada kerangka mobil melalui bushing karet.

d. *U-bolt*

U-bolt adalah baut yang menahan poros roda pada pegas daun. *U-bolt* mengikat poros roda dan pegas daun dengan cara di mur pada *spring seat*.

Pegas daun memerlukan perawatan, perawatannya yaitu dengan cara membersihkan lembar pegas daun lalu memberikan pelumas diantara lembar pegas daun satu dengan yang lainnya. Pelumasan ini bertujuan untuk mengurangi gesekan yang terjadi saat pegas daun tertekan sehingga pegas daun akan lebih awet.

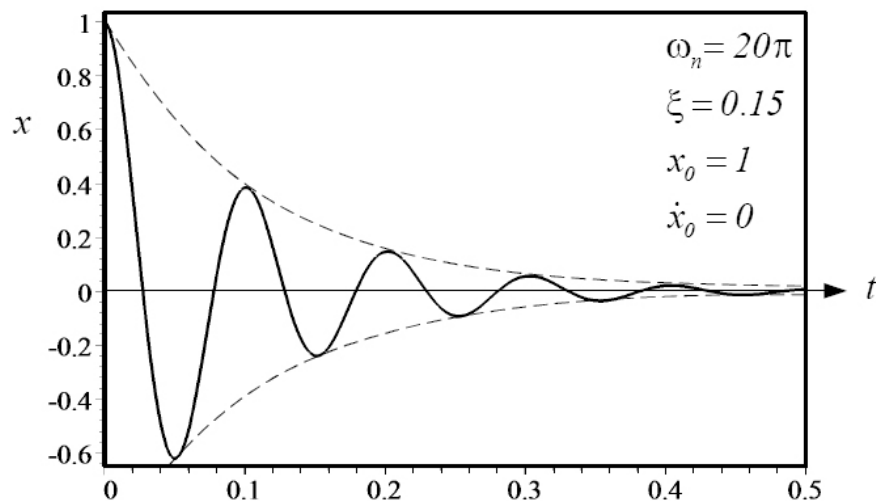
3. *Suspension Damping*

Suspension damping atau peredaman kejutan suspensi adalah kemampuan suspensi untuk menahan gerakan naik turun (oskilasi) dari pegas. Tujuan dari peredaman kejutan suspensi adalah untuk mengendalikan gerakan oskilasi pegas agar tidak kembali memantul-mantul setelah mobil mengalami guncangan.

Berdasarkan dari nilai peredaman maka *suspension damping* dibagi menjadi tiga yaitu:

a. *Under Damped*

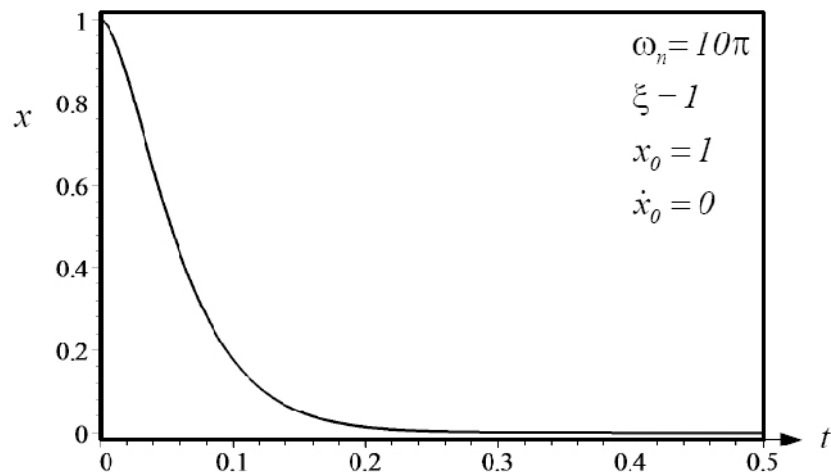
Sistem suspensi dikatakan *under damped* ketika *damping ratio* (ξ) kurang dari 1 (Reza N. Jazar, 2008: 791). Pegas akan bergerak naik turun melanjutkan gerakan awal selama beberapa saat sebelum akhirnya kembali ke bentuk awal.



Gambar 14. Contoh Grafik untuk *Under Damped Suspension* (Reza N. Jazar, 2008: 792)

b. *Critically Damped*

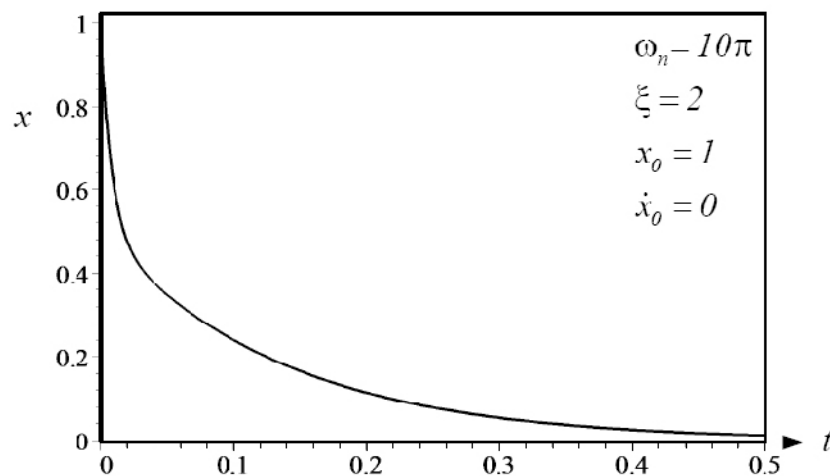
Sistem suspensi dikatakan *critically damped* ketika *damping ratio* (ξ) sama dengan 1 (Reza N. Jazar, 2008: 791). Pegas kembali ke bentuk awal dengan cepat tanpa terjadi penyusutan pegas.



Gambar 15. Contoh Grafik untuk *Critically Damped Suspension* (Reza N. Jazar, 2008: 792)

c. *Over Damped*

Sistem suspensi dikatakan *over damped* ketika *damping ratio* (ξ) lebih dari 1 (Reza N. Jazar, 2008: 791). Pegas membutuhkan waktu lebih lama dari pada saat *critically damped* untuk kembali ke bentuk semula.

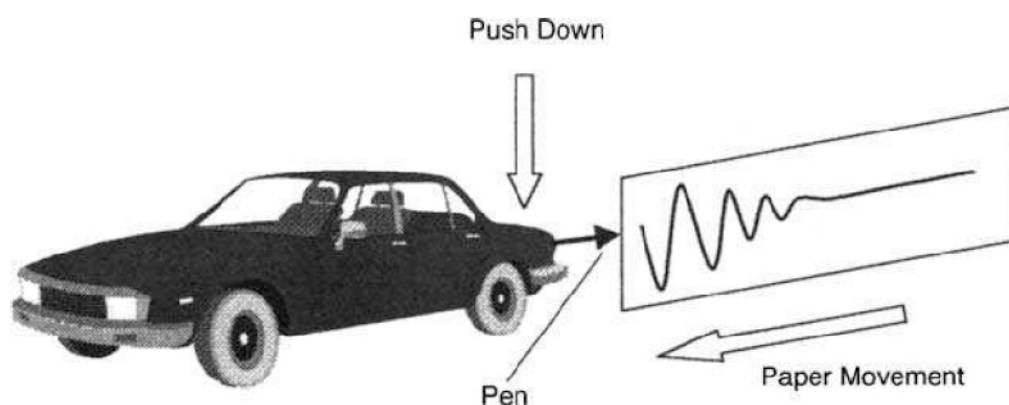


Gambar 16. Contoh Grafik untuk *Over Damped Suspension* (Reza N. Jazar, 2008: 792)

Jika peredaman bertujuan untuk menghindari gerakan *overshoot* (gerakan penyusutan pegas) maka $\xi=1$ (*critically damped*) adalah nilai *damping ratio* optimum. Namun pada kenyataannya, kenyamanan dan keamanan berkendara sangat tergantung pada bentuk kendaraan dan getaran alami yang terjadi. Berdasarkan pada bentuk kendaraan dan getaran alami yang terjadi maka *damping ratio* optimum tiap kendaraan akan berbeda-beda.

Dibutuhkan alat yang dapat mengukur faktor-faktor yang menjadi parameter kinerja sistem suspensi untuk mengetahui kinerja sistem suspensi secara terukur. Namun untuk mengetahui kinerja sistem suspensi secara manual dapat dilakukan dengan cara:

- 1) Melakukan tes jalan untuk mengetahui apakah sistem suspensi mengeluarkan bunyi atau tidak.
- 2) Melakukan *damper tester* seperti pada gambar 21. Grafik pada gambar 21 menunjukkan peredaman tidak bekerja dengan benar. *Damper test* dinyatakan berhasil jika hasil grafik tidak menunjukkan gerakan oskilasi berlebihan seperti pada gambar 21.



Gambar 17. *Damper Tester* (Tom Denton, 2006: 195)

E. Kemungkinan Kerusakan dan Pemeriksaan Sistem Suspensi

Keamanan dan kenyamanan berkendara sangat dipengaruhi oleh kondisi sistem suspensi. Kondisi sistem suspensi itu dipengaruhi oleh kondisi komponen-komponennya, jika salah satu kondisi komponen buruk maka akan mempengaruhi seluruh kinerja dari sistem suspensi. Oleh karena itulah akan dibahas kerusakan apa saja yang dapat terjadi dan cara pemeriksaan tiap komponen utama dari sistem suspensi.

1. Suspensi Depan

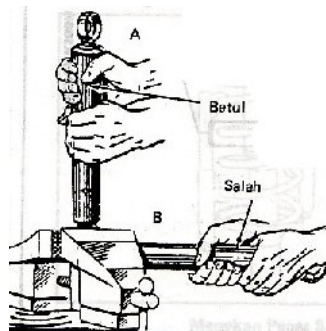
a. Pegas

Kerusakan yang dapat terjadi pada pegas spiral adalah pegas patah dan pegas mengalami pengerutan sehingga ketinggian mobil mobil akan berkurang. Pemeriksaannya dengan cara melihat kondisi fisik pegas apakah ada keretakan atau bahkan sudah patah. Pengerutan pegas dapat diperiksa dengan cara mengukur ketinggian kendaraan lalu membandingkan dengan spesifikasi standarnya atau juga bisa dilakukan dengan mengukur panjang pegas.

b. *Shock Absorber*

Pemeriksaan manual terhadap *shock absorber* diantaranya adalah pemeriksaan kebocoran minyak dan pemeriksaan kinerja. Pemeriksaan kebocoran minyak dilakukan secara visual dengan melihat ada atau tidaknya ceceran minyak pada bodi *shock absorber*. Pemeriksaan kinerja dilakukan dengan cara merasakan tahanan *shock absorber* saat langkah kompresi dan langkah ekspansi. Pada *shock absorber* kerja ganda langkah kompresi dan langkah ekspansi sama-

sama memiliki tahanan. Baik ketika ditekan atau ditarik dengan tangan, *shock absorber* akan menahan gaya yang ditimbulkan dari tangan kita. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam uji kinerja ini adalah posisi *shock absorber* harus vertikal dan lakukan uji ini berkali-kali sampai tahanan *shock absorber* konstan.



Gambar 18. Posisi Pemeriksaan *Shock Absorber* (Daryanto, 2005: 245)

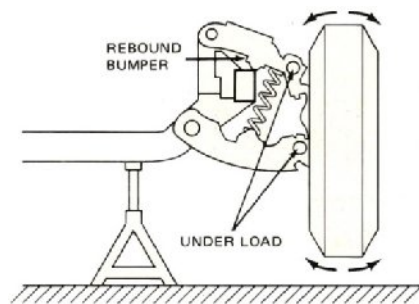
c. Lengan Suspensi

Pemeriksaan manual yang bisa dilakukan yaitu pemeriksaan keretakan, pemeriksaan kekencangan baut-baut dan mur-mur, pemeriksaan kondisi *bushing*, pemeriksaan pergerakan lengan suspensi dari kekocakan dan kelancaran pergerakan.

d. *Ball Joint*

Kerusakan *ball joint* mengakibatkan kekocakan, adanya kekocakan akan menambah gerak bebas pada roda kemudi, menimbulkan suara pada sistem suspensi, berubahnya *wheel alignment*. Pemeriksaan kekocakan *ball joint* dapat dilakukan dengan cara melihat reaksi *ball joint* saat roda kemudi digerak-gerakkan atau dengan cara menggoyangkan *ball joint*. *Ball joint* yang masih baik tidak memiliki gerak bebas dan *stud ball joint* tidak bisa digerakan dengan mudah oleh

jari. Dibutuhkan tenaga yang lebih dari tenaga jari untuk menggerakkan *stud ball joint*. Pemeriksaan *ball joint* pada *upper arm* dan *lower arm* juga dapat dilakukan dengan cara menggerak-gerakkan roda seperti gambar 19. Pengecekan tersebut dilakukan sambil menginjak pedal rem. Jika terasa ada kelonggaran maka terjadi kerusakan pada *ball joint*.



Gambar 19. Pengecekan *Ball Joint* pada *Upper Arm* dan *Lower Arm*
(William H. C. dan Donald L. A., 1978: 129)

e. *Bushing Karet*

Kerusakan *bushing* karet antara lain sobek, retak, kehilangan sifat elastisnya, berubah bentuk. *Bushing* karet tidak dapat diperbaiki, *bushing* karet yang sudah rusak harus diganti dengan yang baru.

f. *Stabilizer Bar*

Kerusakan yang dapat terjadi pada stabilizer bar adalah stabilizer bar mengalami kebengkokan atau bahkan patah. Pemeriksaan kebengkokan *stabilizer bar* dilakukan dengan cara meletakkan *stabilizer bar* pada bidang datar lalu melihat apakah *stabilizer bar* mengalami puntiran atau tidak.

g. *Bumper*

Sama seperti *bushing* karet, *bumper* juga terbuat dari karet. Pemeriksaan *bumper* juga sama seperti *bushing* karet.

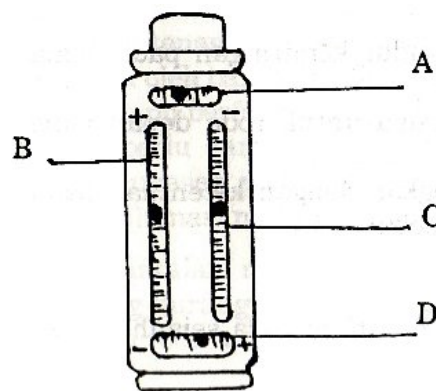
2. Suspensi Belakang

Kerusakan yang dapat terjadi pada suspensi belakang model pegas daun paralel diantaranya adalah rusaknya karet-karet bushing pada shackle dan hanger pin, serta patahnya pegas daun. Kondisi mur dan baut yang kendur pun dapat menyebabkan kerusakan oleh karena itu perlu dilakukan pemeriksaan terhadap kekencangan mur dan baut. Pemeriksaan yang lainnya adalah pemeriksaan kondisi fisik *u-bolt* apakah mengalami keretakan atau patah, serta pemeriksaan keretakan dan keausan lembar pegas daun.

F. *Wheel Alignment*

Wheel alignment atau penjajaran roda adalah sudut kemiringan roda dan kemiringan poros belok roda terhadap garis vertikal jika kendaraan dipandang dari depan, samping dan atas. Tujuan *wheel alignment* adalah untuk mendapatkan kestabilan yang optimum dalam pengemudian, kemudahan dalam pengemudian seperti roda kemudi dapat diputar secara ringan, memperpanjang umur komponen-komponen sistem kemudi dan sistem suspensi. Agar tujuan tersebut tercapai roda-roda depan harus diatur sedemikian rupa. Pengaturan roda-roda depan ini dibagi menjadi beberapa elemen yaitu *camber*, *caster*, *king pin inclination* (KPI) dan *toe*.

Untuk mengetahui besaran nilai keempat elemen tersebut digunakan suatu alat untuk mengukur. Untuk mengukur nilai *camber*, *caster* dan KPI digunakan alat yang bernama *camber caster king pin inclination gauge* (CCKG).



Keterangan:

A = Untuk menepatkan posisi alat.

Bila gelembung udara di tengah, alat ukur tepat mendatar.

B = Skala camber

C = Skala caster

D = Skala sudut king pin

Gambar 20. CCKG (Boentarto, 1995: 97)

Untuk mendukung kerja CCKG diperlukan alat lain yaitu *turning table*. Dengan *turning table* memungkinkan roda depan untuk dibelokkan ditempatkan dengan mudah dan terukur. Dapat terukur karena pada *turning table* terdapat busur derajat yang berfungsi sebagai petunjuk besarnya sudut belok roda. *Turning table* diletakan di bawah roda depan sedangkan roda belakang diganjal dengan papan pengganjal setebal *turning table*.

Sedangkan untuk pengukuran besarnya *toe* menggunakan alat bernama *toe gauge*. *Toe gauge* terdiri dari beberapa bagian yaitu:

- Skala pengukuran. Berfungsi untuk menunjukkan besarnya *toe*. Satuannya menggunakan millimeter (mm).
- Jarum penunjuk. Berfungsi sebagai penunjuk titik tengah roda.
- Mur pengatur. Berfungsi untuk mengatur panjang *toe gauge* agar sesuai dengan *wheel track* kendaraan.

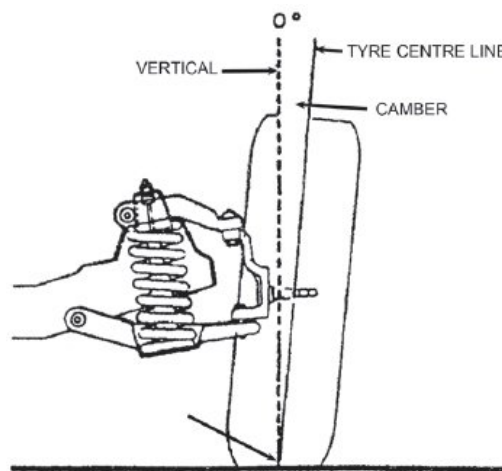


Gambar 21. Toe Gauge

Penjelasan mengenai camber, caster, KPI dan toe adalah sebagai berikut:

1. *Camber*

Camber adalah kemiringan roda depan jika dilihat dari depan kendaraan. Satuan pengukurannya menggunakan derajat ($^{\circ}$).



Gambar 22. *Camber*

Bila miringnya roda ke arah luar disebut *camber* positif. Sebaliknya bila miringnya ke arah dalam disebut *camber* negatif (Anonim, 1995: 5-49). *Camber* positif akan memberikan efek antara lain meringankan pengemudian, memperkecil beban pada *steering linkage*. *Camber* negatif bertujuan untuk mengutamakan kendaraan dapat lurus dan stabil. *Camber* negatif akan meningkatkan kemampuan belok kendaraan. Pada sistem suspensi bebas, roda dapat berubah *camber*-nya dari positif ke netral atau sampai negatif ketika suspensi mengerut. Perubahan *camber* roda ini dipengaruhi oleh desain dan posisi suspensi.

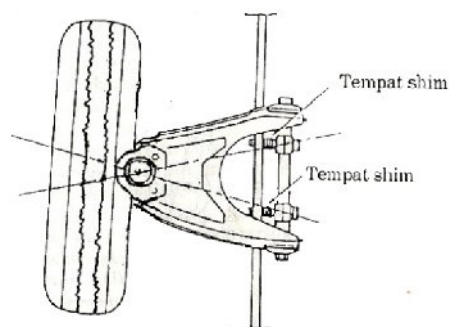
Prosedur pengukuran *camber* roda dengan alat *Camber Caster King Pin Inclination Gauge* (CCKG) adalah sebagai berikut:

- a. Menjalankan kendaraan ke arah depan untuk memposisikan roda depan dan roda belakang pada satu garis lurus.
- b. Membuka tutup poros roda depan dan memasang CCKG pada poros roda tersebut.
- c. Memposisikan CCKG pada posisi datar.
- d. Membaca besarnya sudut *camber*.

Pengukuran dilakukan pada tempat yang datar, tekanan roda harus sesuai spesifikasi. Selain pengukuran *camber*, *camber* juga dapat disetel. Saat melakukan penyetelan *camber* semua kondisi komponen sistem kemudi dan sistem suspensi harus dalam keadaan baik agar penyetelan dapat dilakukan secara akurat. Beberapa model setelan *camber* yaitu:

- a. Dengan cara menambah atau mengurangi tebal plat pada lengan atas dan atau lengan bawah.
- b. Dengan cara memutar baut eksentrik (*adjusting cam*) pada pengikat nakel kemudi dan atau memutar baut eksentrik (*adjusting cam*) pada lengan bawah.

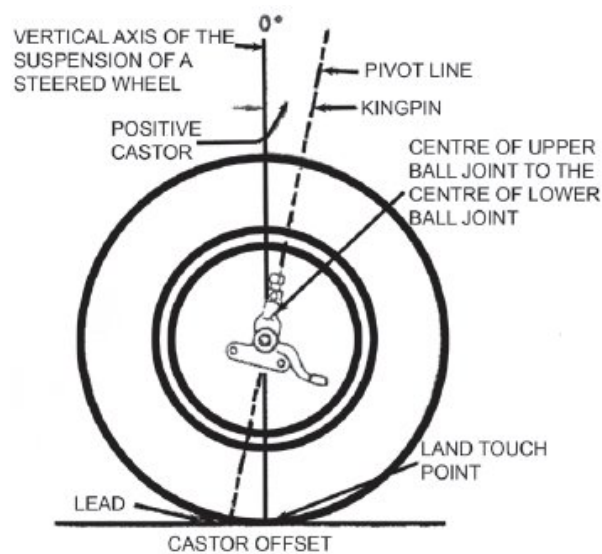
Pada mobil Toyota Hiace ini penyetelan *camber* dilakukan dengan menambah atau mengurangi pengganjal (*shim*) pada *upper arm*.



Gambar 23. Penempatan *Shim Camber* (Boentarto, 1995: 93)

2. *Caster*

Caster adalah kemiringan *steering axis* jika dilihat dari samping kendaraan. Satuan pengukurannya menggunakan derajat ($^{\circ}$). Sudut yang dibentuk antara garis vertikal dengan garis *steering axis* inilah yang disebut sudut *caster*. Jika miring kebelakang maka disebut *caster* positif. Jika miring kedepan maka disebut *caster* negatif.



Gambar 24. *Caster*

Caster positif memberikan efek daya balik kemudi setelah membelok. *Caster* positif cenderung untuk meluruskan roda sehingga dengan *caster* positif akan meningkatkan stabilitas kendaraan saat berjalan lurus. Semakin besar nilai *caster* positif akan mengakibatkan roda kemudi menjadi lebih berat. Umumnya *caster* positif lah yang paling banyak dipakai pada roda depan kendaraan.

Caster negatif memberikan efek kebalikan dari *caster* positif. *Caster* negatif akan membuat kemudi menjadi ringan, kestabilan menjadi berkurang pada jalan lurus.

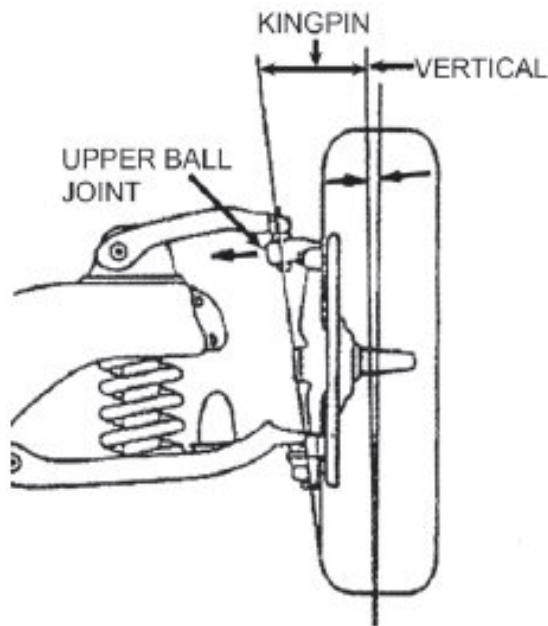
Prosedur pengukuran *caster* roda dengan alat *Camber Caster King Pin Inclination Gauge* (CCKG) adalah sebagai berikut:

- a. Menjalankan kendaraan ke arah depan untuk memposisikan roda depan dan roda belakang pada satu garis lurus.
- b. Meletakkan masing-masing *turning table* di bawah roda depan dan menepatkan tanda yang ada pada *turning table* dengan garis tengah roda.
- c. Meletakkan papan pengganjal setebal *turning table* di bawah roda belakang.
- d. Memutar roda depan ke arah luar sebanyak 20° dari posisi 0° (lurus).
- e. Membuka tutup poros roda depan dan memasang CCKG pada poros roda tersebut.
- f. Memposisikan CCKG pada posisi datar.
- g. Set posisi nol *caster* dengan cara memutar penyetel dibawahnya kemudian memutar roda ke arah dalam sebanyak 20° .
- h. Memposisikan CCKG pada posisi datar lagi.
- i. Membaca skala pengukuran *caster*.

Pada mobil Toyota Hiace ini *caster* distel dengan cara memutar *upper arm shaft* atau dengan cara mengkombinasikan tebal plat pengganjal. Pemutaran *upper arm shaft* hanya bisa dilakukan saat *upper arm shaft* terlepas dari kerangka. Memutar *upper arm shaft* semakin kedepan akan menambah nilai *caster* menjadi semakin positif begitu juga sebaliknya nilai *caster* akan semakin negatif jika *upper arm shaft* diputar semakin ke belakang.

3. *King Pin Inclination*

King pin inclination atau *steering axis inclination* adalah sudut yang dibentuk oleh garis imajinasi sumbu putar roda dengan garis vertikal dilihat dari depan kendaraan.



Gambar 25. *King Pin Inclination*

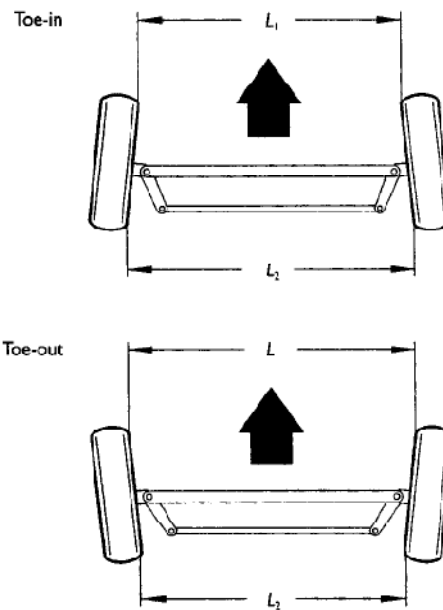
King pin inclination menghasilkan daya balik kemudi dengan cara memanfaatkan berat kendaraan (Anonim, 1995: 5-50). Jarak yang dibentuk akibat titik potong garis tengah ban dengan jalan ke titik potong *steering axis* dengan jalan atau yang disebut dengan *offset* akan memberikan efek pada berat tidaknya pemutaran roda kemudi. Semakin besar *offset*, pemutaran roda kemudi akan semakin berat begitu juga sebaliknya semakin kecil *offset*, pemutaran roda kemudi akan semakin ringan.

Pada mobil Toyota Hiace ini *king pin inclination* tidak dapat distel. Prosedur pengukuran *king pin inclination* sama seperti prosedur pengukuran *caster*.

Prosedur pengukuran *king pin inclination* roda dengan alat *Camber Caster King Pin Inclination Gauge* (CCKG) adalah sebagai berikut:

- a. Menjalankan kendaraan ke arah depan untuk memposisikan roda depan dan roda belakang pada satu garis lurus.
 - b. Meletakkan masing-masing *turning table* di bawah roda depan dan menepatkan tanda yang ada pada *turning table* dengan garis tengah roda.
 - c. Meletakkan papan pengganjal setebal *turning table* di bawah roda belakang.
 - d. Memutar roda ke arah luar sebanyak 20° dari posisi 0° (lurus).
 - e. Membuka tutup poros roda depan dan memasang CCKG pada poros roda tersebut.
 - f. Memposisikan CCKG pada posisi datar.
 - g. Set posisis nol *king pin inclination* dengan cara memutar penyetel dibawahnya kemudian memutar roda ke arah dalam sebanyak 20° .
 - h. Membaca skala pengukuran *king pin inclination*.
4. *Toe*

Toe adalah perbedaan jarak garis tengah roda antara bagian depan roda dengan bagian belakang roda. Jika jarak garis tengah bagian depan roda lebih kecil dibanding bagian belakang maka disebut *toe in*. jika jarak garis tengah bagian depan roda lebih besar dibanding bagian belakang maka disebut *toe out*.



Gambar 26. *Toe* (Tom Denton, 2006: 186)

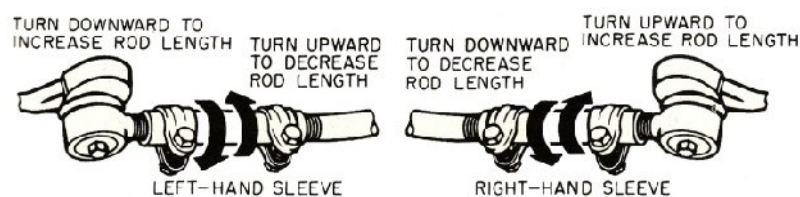
Toe out digunakan pada kendaraan berpengerak roda depan. Penggunaan *toe out* ini bertujuan untuk memposisikan roda pada posisi lurus saat berjalan karena saat berjalan roda akan mendorong kedepan mengakibatkan roda untuk cenderung bergerak ke arah dalam, mengambil beberapa gerak bebas pada steering linkage dan sistem suspensi. *Toe in* digunakan pada kendaraan berpengerak roda belakang. Tujuannya sama seperti *toe out* pada kendaraan berpengerak depan yaitu memposisikan roda pada posisi lurus saat kendaraan berjalan, bedanya ada pada gaya yang bekerja pada roda. Kendaraan dengan pengerak roda belakang, roda depannya akan cenderung bergerak ke arah luar karena rodanya mengalami gaya dorong.

Prosedur pengukuran *toe* adalah sebagai berikut:

- a. Mengeset skala pengukuran *toe gauge* pada posisi nol dengan cara memutar *timbel*.

- b. Mengendorkan mur pengatur panjang *toe gauge*.
- c. Menempatkan *toe gauge* di bagian belakang roda depan.
- d. Memposisikan jarum pengukur menempel di tengah ban dengan cara memperpanjang atau memperpendek batang *toe gauge*.
- e. Mengencangkan mur pengatur panjang *toe gauge*.
- f. Memberi tanda pada titik dimana jarum penunjuk menempel.
- g. Mengeluarkan *toe gauge* dan jangan sampai posisi jarum pengukur berubah.
- h. Mendorong mobil ke depan sehingga roda berputar 180°.
- i. Menempatkan *toe gauge* di depan roda depan.
- j. Memposisikan jarum penunjuk menempel pada titik yang telah ditandai sebelumnya dengan cara memutar *timbel*.
- k. Membaca skala pengukuran pada *toe gauge*.

Pada mobil Toyota Hiace ini penyetelan *toe* dilakukan dengan memutar *adjusting tube* pada *tie rod*. Banyaknya pemutaran *adjusting tube* harus sama antara bagian kiri dengan kanan.

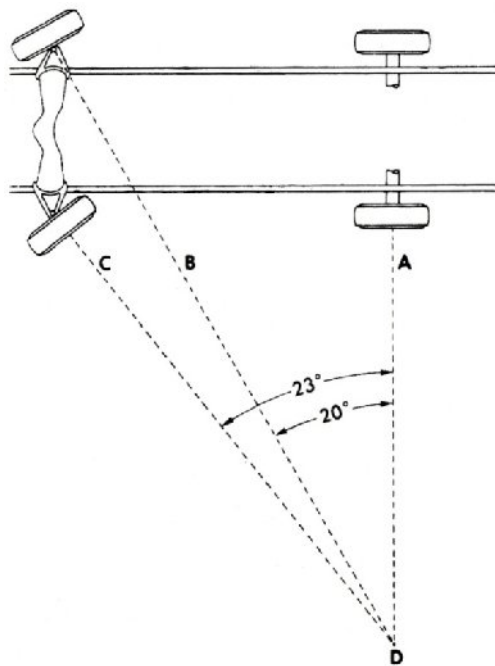


Gambar 27. Pemutaran *Adjusting Tube* (William H. Crouse dan Donald L. Anglin, 1978: 151)

5. *Turning Radius*

Turning radius adalah besarnya sudut putar roda depan mobil saat belok ke kanan atau ke kiri. Saat belok sebuah mobil akan berputar terhadap

titik pusat yang sama agar tidak terjadi *side-slip* pada roda-roda sehingga mobil dapat berbelok dengan lembut. Perputaran mobil terhadap satu titik pusat ini tidak bisa terjadi bila roda-roda depan memiliki sudut putar yang sama untuk itu *knucle arm* dan *tie rod* disusun agar saat membelok roda-roda sedikit *toe out*.



Gambar 28. *Toe Out* saat Berbelok (William H. C. dan Donald L. A., 1978: 103)

BAB III KONSEP RANCANGAN

A. Rancangan Rekondisi

Rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi pada mobil Toyota Hiace dilakukan dengan mengidentifikasi terlebih dahulu kerusakan-kerusakan yang mungkin terjadi. Identifikasi awal ini hanya untuk mendapatkan gambaran umum tentang kerusakan apa saja yang terjadi oleh karena itu identifikasi awal ini hanya melihat gejala-gejala yang terjadi serta memeriksa kondisi komponen-komponen tanpa dilakukan pembongkaran. Tujuan identifikasi awal ini untuk mendapatkan konsep rancangan langkah kerja, kebutuhan alat dan bahan, rancangan kebutuhan biaya rekondisi, rancangan pengujian dan perencanaan waktu rekondisi.

Identifikasi awal pada sistem kemudi mobil Toyota Hiace ini menghasilkan data sebagai berikut:

1. Roda kemudi memiliki gerak bebas sebesar 180°.
2. Sambungan-sambungan *linkage* mengalami kekocakan.
3. *Knuckle arm* tidak terpasang dengan kencang pada *steering knuckle*.
4. Mur *tie rod end* tidak terpasang dengan kencang.
5. Pemutaran *adjusting tube* sebelah kiri dan kanan tidak sama.

Identifikasi awal pada sistem suspensi mobil Toyota Hiace ini menghasilkan data sebagai berikut:

1. Fungsi peredam kejutan tidak bekerja optimal.
2. Kesalahan pemasangan pada *shock absorber* depan.

3. Karet *bushing shock absorber* depan tidak lengkap.
4. *Pivot bushing upper arm* sebelah kiri pemasangannya tidak tepat.
5. Mur baut pengikat *ball joint* tidak lengkap dan tidak kencang pemasangannya.
6. *Stabilizer bar* tidak terpasang dengan benar pada *lower arm*.
7. Mur pengikat *shackle* tidak ada.
8. *Bushing* karet bagian bawah *shock absorber* belakang tidak ada.

Berdasarkan indentifikasi awal ini sebagian besar kerusakan yang terjadi disebabkan oleh tidak lengkapnya komponen dan ausnya penyambung.

B. Rancangan Langkah Kerja

Berdasarkan rancangan rekondisi di atas maka dapat dibuat rancangan langkah kerja terlebih dahulu. Rancangan langkah kerja rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace adalah sebagai berikut:

1. Melakukan indentifikasi awal.

Tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran umum kerusakan yang terjadi agar dapat dijadikan dasar pembuatan rancangan rekondisi.

2. Melakukan observasi ketersediaan komponen di pasar.

Selain untuk mengetahui ketersediaan komponen, observasi ini juga bertujuan untuk mengetahui harga komponen yang hendak di beli.

3. Melakukan indentifikasi lanjutan.

Identifikasi lanjutan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi komponen secara lebih terperinci.

4. Membeli komponen pengganti untuk mengganti komponen yang tidak ada atau yang mengalami kerusakan.
5. Melakukan perbaikan pada komponen yang rusak atau komponen yang tidak tersedia di pasaran.
6. Memasang kembali komponen sistem kemudi dan sistem suspensi. Pemasangan dilakukan menurut prosedur tertentu agar tidak terjadi kesalahan, kerusakan dan kesulitan dalam pemasangan.
7. Melakukan pengukuran dan penyetelan sistem kemudi dan *front wheel alignment*.
8. Melakukan pengujian sistem kemudi dan sistem suspensi.

C. Analisis Kebutuhan Alat dan Bahan

Dalam rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace ini diperlukan alat dan bahan untuk membantu dalam proses rekondisi. Peralatan dan bahan tersebut diantaranya:

1. Peralatan yang digunakan dalam proses rekondisi:

| | |
|------------------------------|---------------------------------|
| a. Kunci ring | i. <i>Jack stand</i> |
| b. Kunci pas | j. <i>Grease gun</i> |
| c. Kunci <i>shock</i> | k. Jangka sorong |
| d. Kunci momen | l. <i>Camber Caster Kingpin</i> |
| e. Obeng + dan – | <i>Gauge (CCKG)</i> |
| f. Palu | m. <i>Turning table</i> |
| g. Tang | n. <i>Toe gauge</i> |
| h. Dongkrak <i>hydraulic</i> | o. <i>Tire pressure gauge</i> |

2. Kebutuhan bahan dalam proses rekondisi meliputi oli *steering gear box*, *grease ball joint* serta mur dan baut.

D. Rancangan Kebutuhan Biaya Rekondisi

Pembelian komponen dan bahan diperlukan agar proses rekondisi bisa dilakukan. Sebelum melakukan pembelian diperlukan rancangan kebutuhan biaya agar pembelian dapat dilakukan secara tepat guna walaupun pada implementasinya kebutuhan biaya dapat berbeda dari rancangan yang telah dibuat. Diharapkan dengan rancangan kebutuhan biaya ini dapat diketahui kisaran biaya yang dibutuhkan. Rincian mengenai rancangan kebutuhan biaya dijabarkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Daftar Rancangan Biaya Kebutuhan Komponen dan Bahan

| No. | Bahan / Komponen | Jumlah | Harga |
|--------|-------------------------------------|------------|----------------|
| 1 | <i>Drag link</i> | 1 buah | Rp 150.000,- |
| 2 | <i>Relay rod</i> | 1 buah | Rp 180.000,- |
| 3 | <i>Idle arm</i> | 1 buah | Rp 150.000,- |
| 4 | <i>Tie rod</i> | 1 pasang | Rp 150.000,- |
| 5 | <i>Tie rod end</i> | 1 pasang | Rp 150.000,- |
| 6 | <i>Upper ball joint</i> | 2 buah | Rp 200.000,- |
| 7 | <i>Lower ball joint</i> | 2 buah | Rp 200.000,- |
| 8 | Nipel | 4 buah | Rp 4.000,- |
| 9 | <i>Bushing karet stabilizer bar</i> | 8 buah | Rp 8.000,- |
| 10 | <i>Bushing karet shock absorber</i> | 8 buah | Rp 8.000,- |
| 11 | Mur baut | secukupnya | Rp 15.000,- |
| 12 | Ring dan ring per | secukupnya | Rp 5.000,- |
| 13 | Oli <i>steering gear box</i> | 500 ml | Rp 15.000,- |
| Jumlah | | | Rp 1.235.000,- |

E. Rancangan Pengujian

Pengujian sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui apakah sistem kemudi dan suspensi dapat bekerja secara normal sesuai dengan fungsinya.

2. Mengetahui perbedaan kondisi sistem kemudi dan sistem suspensi sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan.
3. Mengetahui kekurangan dan kelebihan rekondisi yang telah dilakukan.

Adapun proses pengujian dilakukan dengan cara:

1. Melakukan pengukuran gerak bebas kemudi.

Pengukuran dilakukan pada busur luar roda kemudi saat posisi roda lurus.

2. Melakukan pengukuran *front wheel alignment*.
3. Melakukan uji peredaman kejutan atau *damper test*.
4. Melakukan uji jalan untuk mengetahui sejauh mana fungsi-fungsi sistem kemudi dan sistem suspensi dapat terpenuhi. Fungsi-fungsi yang harus terpenuhi dalam uji jalan ini adalah:
 - a. Mobil mampu tetap berjalan lurus pada jalan yang lurus dan rata saat roda kemudi tidak dipegang.
 - b. Mobil mampu untuk berbelok dengan mulus.
 - c. Roda kemudi dapat kembali ke posisi lurus dengan sendirinya setelah berbelok.
 - d. Roda kemudi dapat diputar dengan mudah.
 - e. Sistem suspensi mampu bekerja tanpa menimbulkan suara.

F. Perencanaan Waktu Rekondisi

Agar pelaksanaan proses rekondisi ini terlaksana dengan teratur dan terukur target waktunya maka dibuat rancangan waktu pengerjaan rekondisi sebagai berikut:

BAB IV

PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses

Agar proses rekondisi berjalan dengan lancar dan efisien maka proses rekondisi harus berjalan berdasarkan rancangan langkah kerja yang telah dibuat. Berdasar dari Rancangan Langkah Kerja pada BAB III maka proses rekondisi dimulai dari melakukan identifikasi lanjutan kemudian dilanjutkan dengan melakukan perbaikan dan penggantian komponen yang mengalami kerusakan setelah itu melakukan pemasangan dan penyetelan komponen tersebut. Perincian langkah kerja akan dibahas lebih lanjut pada anak bab dibawah ini:

1. Identifikasi

Identifikasi adalah proses pencarian sumber kerusakan yang menyebabkan suatu komponen atau sistem tidak dapat berfungsi optimal. Identifikasi ini dapat dilakukan dengan melihat gejala-gejala yang muncul lalu memeriksa kondisi komponen yang dianggap sebagai sumber kerusakan. Pemeriksaan kondisi komponen dilakukan dengan salah satu atau beberapa cara berikut:

- a. Melihat kondisi fisik komponen.
- b. Melakukan pengukuran terhadap komponen.
- c. Menguji kinerja fungsi dari komponen.

Identifikasi ini penting karena menjadi dasar dilakukannya perbaikan dan penggantian komponen yang mengalami kerusakan.

a. Sistem Kemudi

Setelah mendapatkan data identifikasi awal maka perlu dilakukan identifikasi lanjutan untuk mengetahui kondisi komponen utama pada sistem kemudi secara lebih terperinci. Identifikasi lanjutan sistem kemudi dimulai dari melakukan pengukuran *front wheel alignment* kemudian melakukan pembongkaran *linkage* sistem kemudi untuk mengetahui kondisi *ball joint linkage* lalu menguji kinerja dari *steering gear box*.

Langkah-langkah pengukuran *camber*, *caster* dan KPI adalah sebagai berikut:

- 1) Menjalankan kendaraan ke arah depan untuk memposisikan roda depan dan roda belakang pada satu garis lurus.
- 2) Membuka tutup poros roda depan dan memasang CCKG pada poros roda tersebut.
- 3) Memposisikan CCKG pada posisi datar.
- 4) Membaca besarnya sudut *camber*.
- 5) Meletakkan masing-masing *turning table* di bawah roda depan dan menepatkan tanda yang ada pada *turning table* dengan garis tengah roda.
- 6) Meletakkan papan pengganjal setebal *turning table* di bawah roda belakang.
- 7) Memutar roda depan ke arah luar sebanyak 20° dari posisi 0° (lurus).
- 8) Memposisikan CCKG pada posisi datar.

- 9) Set posisis nol *caster* dan *king pin inclination* dengan cara memutar penyetel dibawahnya kemudian memutar roda ke arah dalam sebanyak 20°.
- 10) Membaca skala pengukuran *king pin inclination*.
- 11) Memposisikan CCKG pada posisi datar lagi.
- 12) Membaca skala pengukuran *caster*.

Langkah-langkah pengukuran *toe* adalah sebagai berikut:

- 1) Mengeset skala pengukuran *toe gauge* pada posisi nol dengan cara memutar *timbel*.
- 2) Mengendorkan mur pengatur panjang *toe gauge*.
- 3) Menempatkan *toe gauge* di bagian belakang roda depan.
- 4) Memposisikan jarum pengukur menempel di tengah ban dengan cara memperpanjang atau memperpendek batang *toe gauge*.
- 5) Mengencangkan mur pengatur panjang *toe gauge*.
- 6) Memberi tanda pada titik dimana jarum penunjuk menempel.
- 7) Mengeluarkan *toe gauge* dan jangan sampai posisi jarum pengukur berubah.
- 8) Mendorong mobil ke depan sehingga roda berputar 180°.
- 9) Menempatkan *toe gauge* di depan roda depan.
- 10) Memposisikan jarum penunjuk menempel pada titik yang telah ditandai sebelumnya dengan cara memutar *timbel*.
- 11) Membaca skala pengukuran pada *toe gauge*.

Langkah-langkah pembongkaran *linkage* adalah sebagai berikut:

- 1) Mengganjal roda belakang.

- 2) Mengangkat bagian depan mobil sampai roda depan dalam posisi bebas dengan cara mendongkrak bagian depan kendaraan lalu menempatkan *jack stand* pada *cross member*.
- 3) Melepas *tie rod end* dari *knuckle arm*.
- 4) Melepas *drag link* dari *pitman arm* dan *bell crank*.
- 5) Melepas *relay rod* dari *bell crank* dan *idle arm*.
- 6) Melepas *idle arm* dari rangka mobil.
- 7) Melepas *tie rod* dari *relay rod*.

Langkah selanjutnya adalah memeriksa kondisi komponen-komponen *linkage*. Pemeriksaannya meliputi pemeriksaan kekocakan *ball joint*, pemeriksaan kebengkokan dan pemeriksaan kondisi karet *bushing* pada *idle arm*.

Langkah terakhir adalah memeriksa kinerja *steering gear box*. Cara pemeriksaannya dengan cara memutar roda kemudi ke kiri sampai putaran roda kemudi habis lalu memutarnya kembali ke kanan sampai putaran roda kemudi habis. Syarat *steering gear box* masih baik adalah saat roda kemudi diputar, roda kemudi dapat berputar dengan lancar tanpa ada hambatan dan rasa berat.

b. Sistem Suspensi

Identifikasi lanjutan sistem suspensi ini dibagi menjadi dua indentifikasi yaitu indentifikasi suspensi depan dan indentifikasi suspensi belakang.

1) Suspensi depan

Dari hasil identifikasi awal menunjukan kalau suspensi depan mengalami beberapa kerusakan dan kesalahan pemasangan komponen. Oleh karena itulah perlu dilakukan pembongkaran untuk mengetahui kondisi komponen sistem suspensi depan secara lebih tepat sekaligus untuk membenarkan posisi komponen pada saat pemasangan kembali.

Langkah pertama identifikasi ini adalah melakukan pembongkaran sistem suspensi depan untuk mengetahui kondisi dari komponen-komponen utama suspensi depan, seperti *upper ball joint*, *lower ball joint*, *shock absorber*, *pegas spiral*.

Langkah-langkah pembongkaran suspensi depan adalah sebagai berikut:

- a) Mengendorkan mur *stud upper* dan *lower ball joint*.
- b) Mengganjal roda belakang.
- c) Mengangkat bagian depan mobil sampai roda depan dalam posisi bebas dengan cara mendongkrak bagian depan kendaraan lalu menempatkan *jack stand* pada *cross member*.
- d) Melepas roda.
- e) Melepas *tie rod end* dari *knuckle arm*.
- f) Melepas *stabilizer bar* dari *lower arm*.
- g) Melepas mur pengikat *shock absorber* bagian atas dari kerangka.
- h) Mendongkrak *lower arm* hingga pegas mengalami penekanan.
- i) Melepas baut pengikat *upper arm shaft* dari kerangka.
- j) Melepas mur-mur pengikat *upper ball joint* dengan *upper arm*.

- k) Melepas mur *stud upper ball joint* lalu mengangkat ke atas *upper arm* untuk melepasnya.
- l) Melepas mur *stud lower ball joint* sehingga *steering knuckle* dapat dilepas.
- m) Menurunkan dongkrak.
- n) Menarik keluar pegas spiral.
- o) Melepas mur-mur pengikat *shock absorber* bagian bawah dengan *lower arm* untuk melepaskan *shock absorber*.

Langkah selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan terhadap komponen-komponen sistem suspensi depan.

Pemeriksaannya yaitu:

- a) Memeriksa *upper* dan *lower arm* dari keretakan.
- b) Memeriksa *upper* dan *lower ball joint* dari kekocakan.
- c) Memeriksa pegas spiral dari keretakan.
- d) Memeriksa *shock absorber* dari kebocoran.
- e) Memeriksa kinerja *shock absorber*.
- f) Memeriksa kondisi fisik *bumper*.
- g) Memeriksa kondisi fisik komponen-komponen *upper arm shaft*.

2) Suspensi belakang

Data identifikasi awal menyebutkan bahwa suspensi belakang hanya mengalami sedikit kerusakan. Hasil identifikasi awal yaitu mur pengikat *shackle* tidak ada dan *bushing* karet bagian bawah *shock absorber* belakang tidak ada. Pada identifikasi lanjutan ini akan dilakukan pemeriksaan terhadap komponen-komponen

suspensi pegas daun lebih lanjut. Pemeriksaannya yaitu:

- a) Memeriksa *shock absorber* dari kebocoran.
- b) Memeriksa kinerja *shock absorber*.
- c) Memeriksa pegas daun keretakan.
- d) Memeriksa kondisi fisik *bushing* karet pada *hanger pin* dan *shackle*.
- e) Memeriksa *u-bolt* dari keretakan.
- f) Memeriksa kondisi fisik *bumper*.

2. Pemasangan

Dari hasil indentifikasi lanjutan akan diperoleh data komponen-komponen apa saja yang mengalami kerusakan. Setelah dilakukan perbaikan atau penggantian komponen yang rusak maupun hilang, langkah selanjutnya adalah melakukan pemasangan kembali komponen-komponen tersebut.

a. Sistem Kemudi

Sebelum melakukan pemasangan komponen-komponen *linkage* harus diberi gemuk terlebih dahulu dengan menggunakan *grease gun*. Pemberian gemuk ini cukup setelah *dust cover linkage* menggembung terisi gemuk. Langkah-langkah pemasangan komponen *linkage* adalah sebagai berikut:

- 1) Memasang *tie rod* dan *tie rod end* pada *adjusting tube*. Pemasangan memerhatikan jumlah ulir pada *tie rod* dan *tie rod end*, jumlah ulir harus sama antara bagian kiri dengan bagian kanan.

- 2) Setelah *tie rod* dan *tie rod end* terpasang dengan benar pada *adjusting tube*, selanjutnya memasangnya pada *relay rod*.
- 3) Memasang *drag link* pada *pitman arm* dan *bell crank*.
- 4) Memasang *idle arm* pada kerangka mobil.
- 5) Memasang *relay rod* pada *bell crank* dan *idle arm*.
- 6) Memasang *tie rod end* pada *knuckle arm*.

Langkah selanjutnya adalah mengisi *steering gear box* dengan oli. Pengisian oli dilakukan sampai oli setinggi lubang baut pengisian oli. Langkah terakhir adalah melakukan pemeriksaan kekencangan seluruh baut-baut dan mur-mur pada sistem kemudi. Besar momen pengencangan ditunjukkan oleh tabel 3.

Tabel 3. Momen Pengencangan Sistem Kemudi (Anonim, 1977: 10-12)

| Komponen-Komponen yang Dikencangkan | Besar Momen Pengencangan (Kg-m) |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------|
| Poros Utama Kemudi x Roda Kemudi | 3,0 - 4,0 |
| Poros Utama Kemudi x Kopling Fleksibel | 2,0 - 3,0 |
| <i>Steering Gear Box</i> x Kerangka | 4,0 - 5,5 |
| Tutup Ujung Poros Sektor x <i>Steering Gear Box</i> | 3,0 - 4,5 |
| Mur Pengunci x <i>Steering Gear Box</i> | 3,5 - 5,0 |
| <i>Pitman Arm</i> x Poros Sektor | 16,0 - 19,0 |
| Penahan <i>Idle Arm</i> x <i>Idle Arm</i> | 8,0 - 12,0 |
| Penahan <i>Idle Arm</i> x Kerangka | 4,0 - 5,5 |
| <i>Idle Arm</i> x <i>Relay Rod</i> | 5,0 - 7,0 |
| Lengan Tengah Kemudi x <i>Relay Rod</i> | 7,5 - 11,0 |
| <i>Drag Link</i> x <i>Pitman Arm</i> | 7,5 - 11,0 |
| <i>Drag Link</i> x Lengan Tengah | 7,5 - 11,0 |
| <i>Relay Rod</i> x <i>Tie Rod</i> | 7,5 - 11,0 |
| <i>Knucle Arm</i> x <i>Tie Rod</i> | 7,5 - 11,0 |
| Klem Ujung <i>Tie Rod</i> | 1,5 - 3,0 |
| <i>Yoke</i> Kopling Fleksibel x <i>Worm Shaft</i> | 2,0 - 3,0 |
| Klem Batang Kemudi x Instrumen Panel | 1,0 - 1,6 |
| Poros Lengan Tengah Kemudi x Lengan Tengah | 7,0 - 11,0 |
| Braket Lengan Tengah Kemudi x Kerangka | 4,0 - 5,5 |

b. Sistem Suspensi

Langkah-langkah pemasangan sistem suspensi depan:

- 1) Memasang *upper ball joint* pada *upper arm*.
- 2) Memasang *upper arm* pada kerangka.
- 3) Memasang *steering knuckle* pada *upper ball joint*.
- 4) Memasang *lower ball joint* pada *lower arm*.
- 5) Memasang pegas pada *lower arm*. Pemasangan pegas tidak boleh terbalik, bagian ujung pegas yang datar dipasang pada bagian atas sedangkan bagian bawah pegas ditempatkan pada lekukan pada *lower arm*.
- 6) Mendongkrak *lower arm* hingga pegas tertekan sehingga *stud lower ball joint* dapat masuk dengan mudah pada *steering knuckle*.
- 7) Mengencangkan mur *stud lower* dan *upper ball joint*.
- 8) Memasang *shock absorber* dari bawah *lower arm*.
- 9) Menurunkan dongkrak.
- 10) Menggoyang-goyangkan mobil agar komponen suspensi depan kembali pada posisi yang tepat.

Setelah semua komponen terpasang dengan benar, langkah selanjutnya adalah memberikan gemuk pada poros-poros lengan suspensi. Langkah terakhir adalah melakukan pemeriksaan kekencangan seluruh baut-baut dan mur-mur pada sistem suspensi. Besar momen pengencangan ditunjukkan oleh tabel 4.

Tabel 4. Momen Pengencangan Sistem Suspensi (Anonim, 1977: 10-12)

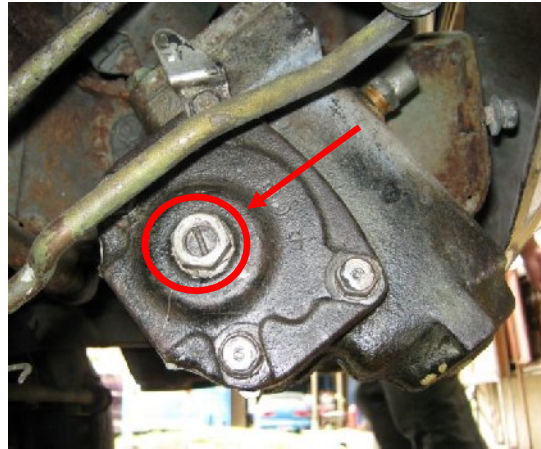
| Komponen-Komponen yang Dikencangkan | Besar Momen Pengencangan (Kg-m) |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Poros Lengan Atas x Member Suspensi | 10,0 - 15,0 |
| Poros Lengan Bawah x Member Suspensi | 7,0 - 9,0 |
| <i>Ball Joint</i> Atas x <i>Steering Knuckle</i> | 9,0 - 13,0 |
| <i>Ball Joint</i> Bawah x <i>Steering Knuckle</i> | 12,0 - 17,0 |
| <i>Ball Joint</i> Bawah x Lengan Bawah | 3,0 - 4,0 |
| Bemper Pegas Depan x Lengan Bawah | 4,0 - 5,0 |
| <i>Ball Joint</i> Atas x Lengan Atas | 2,0 - 3,0 |
| Bemper Pegas Depan x Lengan Atas | 1,9 - 3,1 |
| <i>Steering Knuckle</i> x <i>Knuckle Arm</i> x <i>Backing Plate</i> | 7,0 - 9,0 |
| Baut "U" | 6,9 - 9,7 |
| Pin Braket Pegas | 7,5 - 11,0 |
| Mur Roda | 9,0 - 12,0 |

3. Penyetelan

Penyetelan yang bisa dilakukan pada mobil Toyota Hiace ini adalah:

a. Penyetelan *steering gear box*.

Penyetelan *steering gaer box* dilakukan dengan memutar baut penyetel pada bagian kanan *steering gear box*. Cara penyetelannya yaitu dengan cara mengendorkan terlebih dahulu mur pengunci lalu memutar baut penyetel ke kanan sampai sesaat sebelum terasa berat. Memutar baut penyetel ini dilakukan sambil menggerak-gerakan roda kemudi. Penyetelan berhasil jika tidak ada jeda antara pemutaran roda kemudi dengan Bergeraknya pitman arm dan roda kemudi dapat diputar dengan lancar. Langkah terakhir adalah mengencangkan kembali mur pengunci sambil menahan baut penyetel agar tidak berputar.



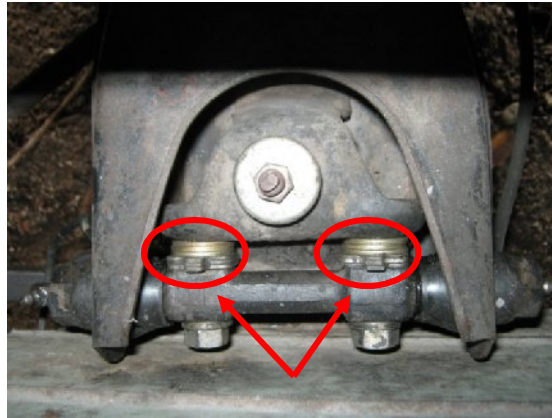
Gambar 29. Baut Penyetel *Steering Gear Box*

b. Penyetelan sudut *camber*.

Penyetelan *camber* dilakukan dengan menambah atau mengurangi pengganjal (*shim*) pada *upper arm*. Langkah-langkah penyetelan *camber* yaitu:

- 1) Mengganjal roda belakang.
- 2) Mengangkat bagian depan mobil sampai roda depan dalam posisi bebas dengan cara mendongkrak bagian depan kendaraan.
- 3) Melepas roda.
- 4) Mengendorkan baut pengikat *upper arm shaft* dengan kerangka mobil.
- 5) Mendorong *steering knuckle* untuk melebarkan celah penempatan *shim*.
- 6) Memasang *shim*.
- 7) Mengencangkan kembali baut pengikat *upper arm shaft* dengan kerangka mobil.
- 8) Memasang roda.

9) Menurunkan dongkrak.



Gambar 30. Penempatan *Shim Camber*

c. Penyetelan sudut *caster*.

Caster distel dengan cara memutar *upper arm shaft*. Hal yang harus diperhatikan dalam pemutaran *upper arm shaft* ini adalah lubang *offset* baut penahan poros harus terletak disebelah depan.



Gambar 31. Posisi *upper arm shaft*

Langkah-langkah penyetelan *caster* adalah sebagai berikut:

- 1) Mengganjal roda belakang.
- 2) Mengangkat bagian depan mobil sampai roda depan dalam posisi bebas dengan cara mendongkrak bagian depan kendaraan.
- 3) Melepas roda.
- 4) Melepas baut pengikat *upper arm shaft* dengan kerangka mobil.
- 5) Memutar *upper arm shaft*.

- 6) Memasang kembali baut pengikat *upper arm shaft* dengan kerangka mobil.
 - 7) Memasang roda.
 - 8) Menurunkan dongkrak.
- d. Penyetelan *toe*.

Penyetelan *toe* dilakukan dengan memutar *adjusting tube* pada *tie rod*. Banyaknya pemutaran *adjusting tube* harus sama antara bagian kiri dengan kanan. Memutar *adjusting tube* ke depan akan semakin menambah panjang *tie rod*. Memutar *adjusting tube* ke belakang akan semakin mengurangi panjang *tie rod*.

Langkah-langkah penyetelan *toe* adalah sebagai berikut:

- 1) Mengganjal roda belakang.
- 2) Mengangkat bagian depan mobil sampai roda depan dalam posisi bebas dengan cara mendongkrak bagian depan kendaraan.
- 3) Mengendorkan baut pengunci *adjusting tube*.
- 4) Memutar *adjusting tube*.
- 5) Mengencangkan kembali baut pengunci *adjusting tube*.
- 6) Menurunkan dongkrak.



Gambar 32. *Adjusting tube*

4. Pengujian

Proses pengujian dilakukan dengan cara:

- a. Melakukan pengukuran gerak bebas kemudi.

Pengukuran gerak bebas kemudi dilakukan dengan cara memposisikan roda pada posisi lurus kemudian menggerak-gerakan roda kemudi berlahan-lahan tanpa menggerakkan roda. Lalu mengukur panjang busur luar roda kemudi tersebut.

- b. Melakukan pengukuran *front wheel alignment*.

Pengukuran *front wheel alignment* dilakukan untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan spesifikasi standar mobil atau tidak penyetelan yang telah dilakukan. Di bawah ini adalah tabel spesifikasi *front wheel alignment* mobil Toyota Hiace berdasarkan buku Pedoman Reparasi *Chassis* Toyota Hiace.

Tabel 5. Spesifikasi *Front Wheel Alignment* Mobil Toyota Hiace (Anonim, 1977: 7-32)

| Aspek-Aspek FWA | Satuan | Besaran Nilai | Toleransi Perbedaan Antar Roda |
|-----------------|---------|-----------------|--------------------------------|
| <i>Toe in</i> | mm | 8 ± 1 | |
| <i>Camber</i> | derajat | $0,58 \pm 0,50$ | 0,50 |
| <i>Caster</i> | derajat | $0,83 \pm 0,50$ | 0,50 |
| KPI (SAI) | derajat | 7,67 | 0,67 |

- c. Melakukan uji peredaman kejutan atau *damper test*.

Uji peredaman kejutan dilakukan dengan cara membuat grafik pergerakan bodi mobil terhadap waktu setelah bodi mobil dipantulkan beberapa kali secara sengaja. Uji peredaman kejutan dinyatakan berhasil jika grafik menunjukkan pergerakan oskilasi bodi

mobil yang mendekati grafik *critically damped* atau grafik tidak menunjukkan gerakan oskilasi seperti pada gambar 17.

- d. Melakukan uji jalan untuk mengetahui sejauh mana fungsi-fungsi sistem kemudi dan sistem suspensi dapat terpenuhi.

Fungsi-fungsi yang harus terpenuhi dalam uji jalan ini adalah:

- 1) Mobil mampu tetap berjalan lurus pada jalan yang lurus dan rata saat roda kemudi tidak dipegang.
 - 2) Mobil mampu untuk berbelok dengan mulus.
 - 3) Roda kemudi dapat kembali ke posisi lurus dengan sendirinya setelah berbelok.
 - 4) Roda kemudi dapat diputar dengan mudah.
 - 5) Sistem suspensi mampu bekerja tanpa menimbulkan suara.
5. Kebutuhan Bahan dan Komponen Serta Pembiayaannya

Ketersedian komponen yang langka membuat tidak semua komponen yang rusak diganti dengan yang baru, seperti *relay rod* dan *lower ball joint* yang akhirnya diperbaiki dengan cara di *rebuilt*. Perbaikan ini tidak sempurna jika dibandingkan dengan komponen yang baru sehingga akan berdampak pada hasil rekondisi.

Keseluruhan biaya proses rekondisi inipun menyesuaikan dengan kenyataan lapangan sehingga biaya yang dibutuhkan tidak sesuai dengan rancangan biaya. Proses rekondisi mobil Toyota Hiace ini memakai beberapa bahan dan komponen serta menghabiskan dana sebagai berikut:

B. Hasil

Hasil rekondisi meliputi hasil identifikasi lanjutan dan hasil pengujian.

1. Hasil Identifikasi Lanjutan.

Pada identifikasi lanjutan sistem kemudi menghasilkan data sebagai berikut:

- a. Hasil pengukuran *front wheel alignment* tidak sesuai spesifikasi standar.

Hasil pengukuran *front wheel alignment* ditunjukkan pada tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Data Pengukuran *Front Wheel Alignment* Sebelum Perbaikan

| Aspek-Aspek FWA | Satuan | Besaran Nilai | | Perbedaan Antar Roda |
|-----------------|---------|---------------|-----------|----------------------|
| | | Roda Kanan | Roda Kiri | |
| <i>Toe in</i> | mm | - | | - |
| <i>Camber</i> | derajat | 1,5 | 1,5 | 0 |
| <i>Caster</i> | derajat | 1,5 | -1 | 2,50 |
| KPI (SAI) | derajat | 7,5 | - | - |

- b. Seluruh *ball joint linkage* mengalami kekocakan.
- c. Karet *bushing idle arm* rusak.
- d. Komponen sistem kemudi yang lain masih baik kondisinya.

Pada identifikasi lanjutan sistem suspensi depan menghasilkan data sebagai berikut:

- a. *Lower ball joint* mengalami kekocakan.
- b. *Dust cover upper ball joint* sebelah kanan tidak ada.
- c. Pegas spiral sebelah kiri terbalik pemasangannya.
- d. Komponen sistem suspensi depan yang lain masih baik kondisinya.

Identifikasi lanjutan pada suspensi belakang menyatakan kondisi komponen-komponen suspensi belakang dalam keadaan baik.

2. Hasil Perbaikan dan Pemasangan.

Pada sistem kemudi, komponen *linkage* yang mengalami kerusakan diganti dengan komponen yang baru kecuali untuk *relay rod*. *Relay rod* diperbaiki dengan cara di *rebuilt* karena dipasaran tidak tersedia *relay rod* tersebut. Pengisian oli *steering gear box* dan pengisian gemuk pada *ball joint linkage* juga dilakukan.

Komponen-komponen suspensi depan yang tidak ada, dilengkapi kembali dengan komponen-komponen yang baru. Komponen tersebut yaitu:

- a. *Bushing* karet *shock absorber* depan dan *stabilizer*.
- b. Mur dan baut pemegang *ball joint*.
- c. *Dust cover upper ball joint* sebelah kanan.

Lower ball joint yang mengalami kekocakan diperbaiki dengan cara di *rebuilt*.

Pada suspensi belakang hanya dilakukan pelengkapan komponen yang tidak ada. Komponen tersebut adalah *bushing* karet *shock absorber*, mur pengikat *shackle*. Pegas daun dibersihkan dan diberi pelumas pada tiap bilah pegas daun.

3. Hasil Pengujian.

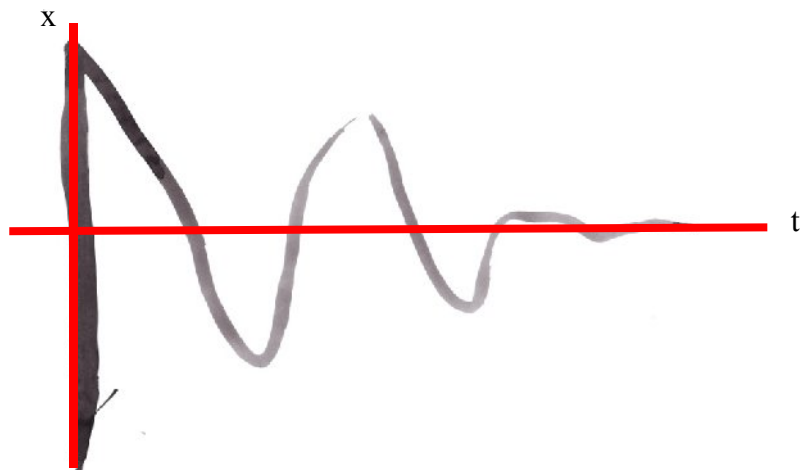
Pengujian yang telah dilakukan menghasilkan data sebagai berikut:

- a. Gerak bebas roda kemudi sebesar 20 mm.
- b. Pengukuran *front wheel alignment* menghasilkan data seperti yang ditunjukkan oleh tabel 9. Data pengukuran tersebut telah sesuai dengan batas toleransi spesifikasi standar mobil.

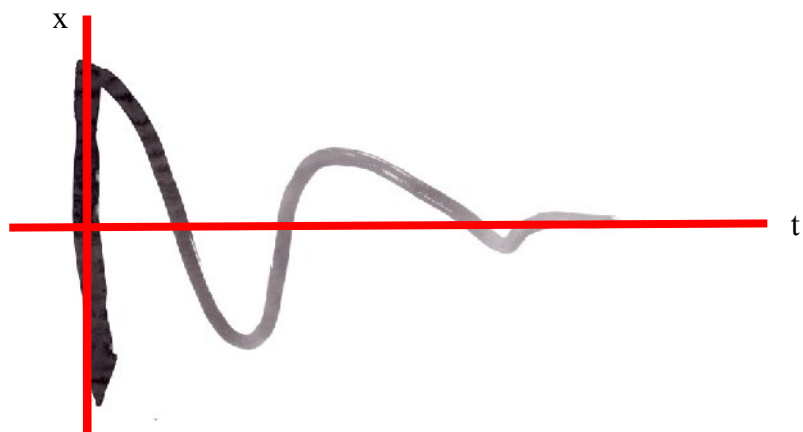
Tabel 9. Data Pengukuran *Front Wheel Alignment* Setelah Perbaikan

| Aspek-Aspek FWA | Satuan | Besaran Nilai | | Perbedaan Antar Roda |
|-----------------|---------|---------------|-----------|----------------------|
| | | Roda Kanan | Roda Kiri | |
| <i>Toe in</i> | mm | 8 | | |
| <i>Camber</i> | derajat | 0,5 | 0,5 | 0,00 |
| <i>Caster</i> | derajat | 1,25 | 1,15 | 0,10 |
| KPI (SAI) | derajat | 7,25 | 7,75 | 0,50 |

- c. Uji peredaman kejutan menghasilkan grafik seperti pada gambar 33 dan gambar 34. Uji peredaman kejutan dinyatakan berhasil karena grafik tidak menunjukkan gerakan oskilasi seperti pada gambar 17.



Gambar 33. Grafik Uji Peredaman Kejutan Suspensi Depan



Gambar 34. Grafik Uji Peredaman Kejutan Suspensi Belakang

Sumbu t mewakili banyaknya waktu dan sumbu x mewakili banyaknya pergerakan bodi mobil.

d. Dalam uji jalan mobil Toyota Hiace ini mampu untuk memenuhi segala fungsinya dengan baik. Hal ini terbukti dengan dipenuhinya beberapa indikator dibawah ini:

- 1) Mobil mampu tetap berjalan lurus saat roda kemudi tidak dipegang.
- 2) Mobil mampu untuk berbelok dengan mulus.
- 3) Roda kemudi dapat kembali ke posisi lurus dengan sendirinya setelah berbelok.
- 4) Roda kemudi dapat diputar dengan mudah.
- 5) Sistem suspensi mampu bekerja tanpa menimbulkan suara.

C. Pembahasan

Rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota hiace ini dilakukan dengan cara memperbaiki dan mengganti komponen yang mengalami kerusakan serta melengkapi komponen yang tidak ada. Berikut ini akan dibahas hal-hal yang berkaitan dengan proses rekondisi, proses pengujian, bahan dan komponen apa saja yang dipakai selama proses rekondisi.

1. Sistem Kemudi.

Pada mulanya sistem kemudi mengalami kerusakan pada sambungan-sambungan *linkage* sehingga menyebabkan gerak bebas roda kemudi menjadi sebesar 180° dan juga menyebabkan nilai *toe* yang berubah-ubah. Lalu dilakukan penggantian komponen *linkage*, tetapi tidak semua komponen *linkage* yang rusak dapat diganti dengan yang baru. Komponen yang diganti dengan yang baru adalah *drag link*, *idle arm*, *tie rod*, dan *tie rod end*. Sedangkan *relay rod* hanya dilakukan perbaikan saja pada *ball joint*-nya, dikarenakan tidak terdapat komponen pengganti yang

sama. Setelah semua komponen tersebut terpasang, gerak bebas kemudi kemudi pun berkurang menjadi hanya 20 mm saja. Gerak bebas roda kemudi yang sebesar 20 mm itu didapat dari pengukuran panjang busur luar roda kemudi.

Setelah sistem kemudi dan sistem suspensi diperbaiki maka langkah selanjutnya adalah melakukan penyetelan *front wheel alignment* agar didapat spesifikasi sesuai standarnya. Prosedur penyetelannya sudah dijelaskan diatas namun ada hal yang harus diperhatikan dalam penyetelan ini, yaitu adalah urutan penyetelan. Pada penyetelan *front wheel alignment* mobil Toyota Hiace ini yang harus distel terlebih dahulu adalah *camber* dan *caster*, baru kemudian menyetel *toe*. Penyetelan *toe* dilakukan terakhir karena jika dilakukan pertama kali, *toe* akan berubah lagi saat dilakukan penyetelan *camber* dan *caster*. Hal ini dikarenakan penyetelan *camber* akan merubah *wheel track* roda.

Penyetelan *front wheel alignment* erat kaitannya dengan pengukuran *front wheel alignment*. Untuk dapat mengetahui apakah penyetelan sudah tepat atau belum maka perlu dilakukan pengukuran. Saat melakukan pengukuran ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Faktor tersebut yaitu:

- a. Kedataran tempat pengukuran.
- b. Tekanan roda.
- c. Kestabilan mobil.

Tempat pengukuran yang datar dan tekanan roda termasuk dalam faktor pengganggu yang tetap artinya faktor tersebut tidak akan berubah

banyak nilainya secara singkat atau cepat. Kestabilan mobil adalah kemampuan mobil untuk mempertahankan posisinya. Kestabilan mobil ini dipengaruhi oleh tempat berpijak mobil. Kestabilan mobil menjadi terganggu karena mobil berpijak pada bidang yang dapat bergerak dalam hal ini adalah *turning table*. Saat mobil berpijak pada *turning table* mobil dapat bergeser ke kanan atau ke kiri dan ke depan atau ke belakang. Bergesernya mobil ini dapat terjadi saat roda dibelokkan. Mengaktifkan rem tangan dan menahan bodi depan mobil saat roda dibelokkan dapat mencegah hal ini.

Langkah selanjutnya adalah melakukan uji jalan atau *test drive*.

Pembahasan indikator keberhasilan pengujian sistem kemudi yaitu:

- a. Kemampuan mobil untuk tetap berjalan lurus saat roda kemudi tidak dipegang.

Mobil Toyota Hiace ini mampu memenuhinya dengan baik. Mobil dapat berjalan lurus tanpa ada gejala membuang ke sisi kanan atau kiri, pengujian ini dilakukan pada jalan yang datar.

- b. Kemampuan mobil untuk berbelok dengan mulus.

Mobil Toyota Hiace ini mampu memenuhi dengan baik. Mobil dapat berbelok dengan mulus dan mudah pada jalan yang datar tanpa terjadi gejala selip pada roda depan.

- c. Kemampuan roda kemudi untuk dapat kembali ke posisi lurus dengan sendirinya setelah berbelok.

Roda kemudi baru mampu kembali ke posisi lurus setelah berbelok saat kecepatan mobil agak tinggi. Kecepatan tersebut diperkirakan sekitar 20

km/jam, kecepatan mobil tidak dapat terpantau karena *speedometer* mobil tidak berfungsi.

d. Roda kemudi dapat diputar dengan mudah.

Pengujian pemutaran roda kemudi ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar gaya yang dibutuhkan untuk memutar roda kemudi pada saat berbelok. Pengujian ini mengandalkan *feeling* pengemudi. Dari uji coba didapatkan hasil bahwa roda kemudi sedikit lebih berat untuk diputar saat berbelok jika dibandingkan dengan umumnya kendaraan lain sejenis. Dari hasil uji coba itu maka dilakukan pengecekan lebih lanjut. Pengecekannya yaitu dengan cara memutar roda kemudi dengan roda depan yang terangkat. Pemutaran dilakukan dalam dua tahap yaitu pemutaran pertama dengan sistem kemudi yang terpasang lengkap dan pemutaran kedua dengan *drag link* yang terlepas dari *pitman arm*. Hasilnya, pemutaran kedua membutuhkan gaya yang jauh lebih sedikit dibandingkan dengan pemutaran pertama. Maka dapat diasumsikan bahwa masalah ini disebabkan oleh *relay rod* dan atau *lower ball joint* yang *direbuilt* atau bisa juga disebabkan oleh *linkage* yang masih baru.

2. Sistem Suspensi.

Penyebab utama kerusakan sistem suspensi mobil Toyota Hiace ini adalah komponen yang tidak lengkap dan kesalahan pemasangan komponen. Sebagian besar komponen yang tidak ada adalah baut dan mur serta karet *bushing*. Kesalahan pemasangan terjadi pada *upper arm* sebelah kiri, pegas spiral sebelah kiri dan *shock absorber* depan.

Perbaikannya dengan cara melengkapi komponen tersebut dan membenarkan pemasangan komponen. Untuk komponen seperti *shock absorber*, lengan suspensi, pegas spiral, pegas daun dan *stabilizer bar* tidak mengalami kerusakan. Kerusakan komponen hanya terjadi pada *lower ball joint* yang mengalami keausan.

Pada awalnya sistem suspensi terasa lemah pegasnya namun setelah dilakukan rekondisi gejala pegas lemah ini hilang. Adanya rasa pegas lemah sebelum dilakukan rekondisi disebabkan oleh pemasangan *shock absorber* depan yang salah. Bagian atas *shock absorber* depan hanya diletakan saja pada *cross member* tanpa ada karet *bushing* dan mur untuk mengikatnya.

Setelah melengkapi komponen, memperbaiki komponen dan melakukan pemasangan langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian sistem suspensi. Pengujian yang pertama adalah uji peredaman kejutan atau *damper test*. Bentuk garis grafik menjadi indikator pengujian ini. Dari hasil pengujian ini sistem suspensi mobil Toyota Hiace mampu meredam pantulan dengan baik. Garis grafik menunjukkan tidak adanya gerakan oskilasi seperti gambar 17. Garis grafik ini menunjukkan adanya penurunan gerakan bodi mobil dalam waktu singkat. Dari hasil uji ini di asumsikan bahwa sistem suspensi mobil Toyota Hiace mampu untuk meredam kejutan. Pengujian yang kedua adalah uji jalan atau *test drive*. Uji jalan ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem suspensi mobil Toyota Hiace ini menimbulkan suara atau tidak ketika bekerja. Dari hasil uji jalan menunjukkan bahwa tidak terdengar suara mendecit dan suara benturan saat pengujian dilakukan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian penjelasan pada setiap bab sebelumnya dan setelah diselesaikannya proses rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi pada mobil Toyota Hiace ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses identifikasi kerusakan sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace dilakukan dengan cara memeriksa kelengkapan komponen, memeriksa kondisi fisik komponen, memeriksa kinerja komponen dan melakukan pengukuran.
2. Rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace ini dilakukan dengan mengganti atau memperbaiki komponen yang rusak, melengkapi komponen yang belum ada dan memasang kembali komponen-komponen dengan benar. Setelah itu dilakukan penyetelan dan pengujian.
3. Sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace ini kembali berfungsi dengan baik setelah dilakukan rekondisi. Hal ini terbukti dengan terpenuhinya seluruh syarat dan indikator pengujian, yaitu:
 - a. Gerak bebas roda kemudi 20 mm, sesuai dengan batas toleransi menurut buku Pedoman Reparasi *Chassis* Toyota Hiace yaitu 0-25 mm.
 - b. *Front wheel alignment* sesuai dengan spesifikasi standar pabrik, yaitu *camber* roda kanan dan *camber* roda kiri sebesar 0.5° , *caster* roda kanan 1.25° , *caster* roda kiri 1.15° , KPI roda kanan 7.25° , KPI roda kiri 7.75° dan *toe in* sebesar 8 mm.

- c. Uji peredaman kejutan menghasilkan grafik seperti pada gambar 33. Uji peredaman kejutan dinyatakan berhasil karena grafik tidak menunjukkan gerakan oskilasi seperti pada gambar 17. Grafik uji peredaman kejutan menunjukkan bahwa sistem suspensi mampu untuk meredam kejutan.
- d. Mobil mampu berjalan lurus tanpa ada gejala membuang ke sisi kanan atau kiri.
- e. Mobil mampu berbelok dengan mulus dan mudah pada jalan yang datar tanpa terjadi gejala selip pada roda depan.
- f. Roda kemudi mampu kembali ke posisi lurus setelah berbelok.
- g. Roda kemudi dapat diputar dengan mudah.
- h. Sistem suspensi mampu bekerja tanpa menimbulkan suara.

B. Keterbatasan

Dalam pelaksanaan rekondisi sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace ini masih mempunyai beberapa keterbatasan yang mengurangi kualitas hasil rekondisi. Keterbatasan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pada beberapa komponen sistem suspensi tidak dapat diperiksa lebih lanjut mengenai layak atau tidaknya kondisi komponen tersebut dari segi batas toleransi spesifikasi standar pabrik. Komponen-komponen itu adalah pegas spiral dan pegas daun. Hal ini dikarenakan tidak ditemukannya spesifikasi standar dari kedua komponen tersebut.
2. Pengujian *side slip* untuk menilai *wheel alignment* secara keseluruhan pada saat kendaraan berjalan lurus tidak dapat dilakukan karena di bengkel

Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta tidak terdapat *side slip tester*.

C. Saran

Saran yang dapat diberikan agar sistem kemudi dan sistem suspensi mobil Toyota Hiace ini tetap dalam kondisi baik yaitu:

1. Oleh karena mobil Toyota Hiace ini termasuk mobil tua yang besi-besinya sudah mulai terkena korosi maka sebaiknya dipilihkan tempat parkir mobil yang terhindar dari air hujan dan panas terik matahari.
2. Jika nantinya mobil Toyota Hiace ini dijadikan objek pelatihan maka mahasiswa praktek wajib mematuhi prosedur pembongkaran dan pemasangan sistem kemudi dan sistem suspensi agar komponen-komponen terhindar dari kerusakan dan dapat terpasang dengan tepat.
3. Untuk menghindari kerusakan yang tidak diinginkan maka harus dilakukan perawatan secara teratur supaya kondisi dan kinerja sistem kemudi dan sistem suspensi tetap dalam keadaan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1977). *Toyota Hi-Ace Pedoman Reparasi Chassis*. PT Toyota-Astra Motor.
- Anonim. (1995). *New Step 1 Training Manual*. Jakarta: PT Toyota-Astra Motor.
- Anonim. (1995). *New Step 2 Training Manual*. Jakarta: PT Toyota-Astra Motor.
- Boentarto. (1995). *Cara Pemeriksaan, Penyetelan, dan Perawatan Chasis Mobil*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Crouse, William H. dan Donald L. Anglin. (1978). *Motor Vehicle Inspection*. USA: McGraw-Hill Book Company.
- Daryanto. (2005). *Teknik Service Mobil*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Denton, Tom. (2006). *Advanced Automotive Fault Diagnosis*. Oxford: Elsevier Ltd.
- Jazar, Reza N.. (2008). *Vehicle Dynamic Theory and Application*. New York: Springer.
- Rill, Georg. (2009). *Vehicle Dynamic*. UK: Hochschule Regen Burg.
- Wiranto Arismunandar dan Osamu Hirao. (2006). *Pedoman untuk Mencari Sumber Kerusakan, Merawat dan Menjalankan Kendaraan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

LAMPIRAN



INSTRUCTIONS FOR: CAMBER, CASTOR & KING-PIN GAUGE

Model No: **GA450**

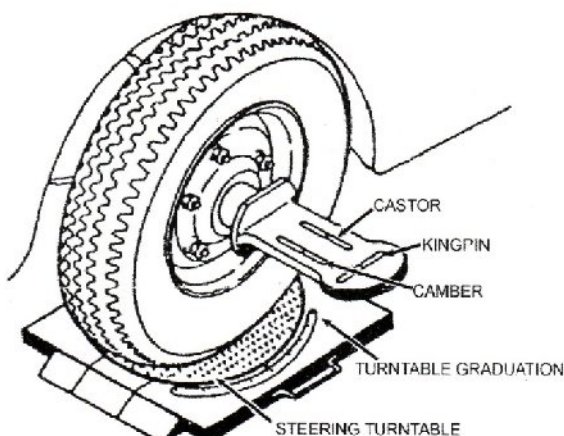
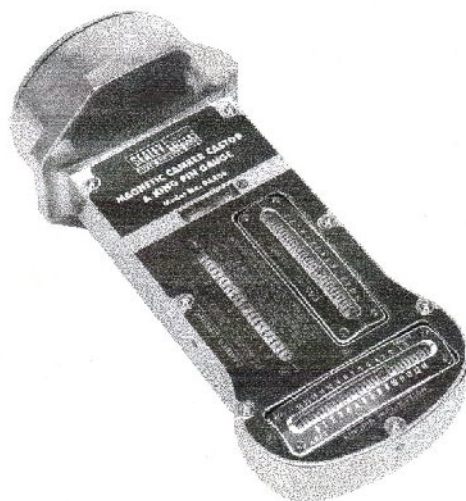
Thank you for purchasing a Sealey product. Manufactured to a high standard this product will, if used according to these instructions and properly maintained, give you years of trouble free performance.



IMPORTANT: PLEASE READ THESE INSTRUCTIONS CAREFULLY. NOTE THE SAFE OPERATIONAL REQUIREMENTS, WARNINGS & CAUTIONS. USE THE PRODUCT CORRECTLY AND WITH CARE FOR THE PURPOSE FOR WHICH IT IS INTENDED. FAILURE TO DO SO MAY CAUSE DAMAGE OR PERSONAL INJURY, AND WILL INVALIDATE THE WARRANTY. PLEASE KEEP INSTRUCTIONS SAFE FOR FUTURE USE.

1. SAFETY INSTRUCTIONS

- ☐ **WARNING!** Ensure Health & Safety, local authority, and general workshop practice regulations are adhered to when using this equipment.
- ✓ Maintain the gauge in good condition (use an authorised service agent).
- ✓ Replace or repair damaged parts.
- ☐ **WARNING!** Use the gauge on level and solid ground.
- ✗ **DO NOT** allow untrained persons to use the gauge.
- ☐ **WARNING!** When setting front-end alignment on commercial vehicles never make adjustments to drop arms or interconnecting links. Doing so could result in serious tyre, wheel and steering problems.
- ✓ Any alignment changes deemed necessary as a result of using this equipment must be made strictly in accordance with the vehicle manufacturer's recommendations.
- ☐ **WARNING!** The warnings, cautions and instructions referred to in this manual cannot cover all possible conditions and situations that may occur. It must be understood that common sense and caution are factors which cannot be built into this product, but must be applied by the operator.



2. INTRODUCTION & SPECIFICATION

Robust magnetic gauge mounts onto wheel/hub for quick accurate measurement of camber, castor angle, and kingpin inclination. Camber gauge with fixed graduation from +5 to -5. Adjustable caster gauge graduated +11 to -3. Kingpin gauge graduated from 0 to 14 left to right. Only suitable for vehicles fitted with steel wheels. To be used in conjunction with steering turntables and rear wheel level plates. Supplied in tough composite carry-case.

Camber Gauge Graduation:+5° to -5°
 Castor Gauge Graduation:+11° to -3°
 King Pin Gauge Graduation:0 to 14
 Magnetic Plate Ø:85mm

3. MEASURING CAMBER ANGLE

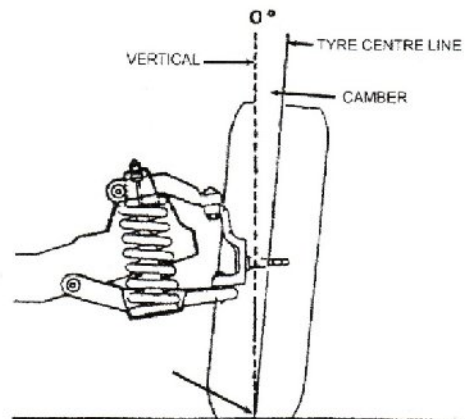
NOTE! Before use remove magnet protective plate.
Replace after use.

- 3.1 Drive vehicle forwards to centralise wheels.
- 3.2 Fit gauge in centre of vehicle wheel/hub.
- 3.3 Set D bubble to centre and read the position of A bubble.

NOTE! Refer to the owner's handbook before making any adjustments.

NOTE! Any adjustments you make to either castor or camber angles may affect the other, so re-check all measurements after any adjustments have been made.

NOTE! Try to simulate normal running conditions, ie. half a tank of fuel and a weight similar to the driver in the front seat.

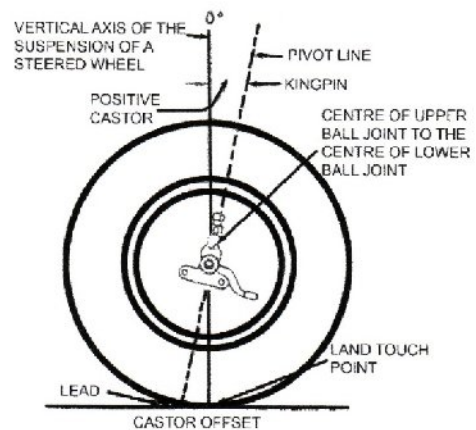


4. MEASURING CASTOR ANGLE

- 4.1 Drive vehicle forward so front wheels are positioned on steering turntables in the straight ahead position, rear wheels on level plates.
- 4.2 Turn the front wheel to 20° out.
- 4.3 Fit gauge in centre of wheel/hub and set D bubble to centre.
- 4.4 Set B bubble to 0 with adjusting screw and turn the front wheel to 20° in.
- 4.5 Set D bubble to centre again and read the scale of B bubble.

NOTE! Refer to the owner's handbook before making any adjustments.

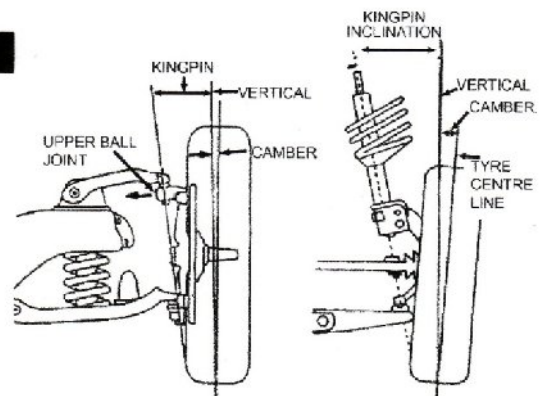
NOTE! Any adjustments you make to either castor or camber angles may affect the other, so re-check all measurements after any adjustments have been made. We recommend the use of turntables Model No. GA44 when checking the caster as this will enable you to accurately set the wheels at 20°



5. MEASURING KINGPIN INCLINATION

- 5.1 Drive vehicle forward so front wheels are positioned on steering turntables in the straight ahead position, rear wheels on level plates.
- 5.2 Turn the front wheel to 20° out.
- 5.3 Fit gauge in centre of wheel/hub and set D bubble to centre.
- 5.4 Set C bubble to 0 with adjusting screw and turn the front wheel to 20° in.
- 5.5 Read scale of C bubble.

NOTE! Refer to the owner's handbook before making any adjustments.



NOTE: It is our policy to continually improve products and as such we reserve the right to alter data, specifications and component parts without prior notice.

IMPORTANT: No liability is accepted for incorrect use of this product.

WARRANTY: Guarantee is 12 months from purchase date, proof of which will be required for any claim.

INFORMATION: For a copy of our catalogue and latest promotions call us on 01284 757525 and leave your full name, address and postcode.



Sole UK Distributor
Sealey Group,
Bury St. Edmunds, Suffolk.

01284 757500
01284 703534

www.sealey.co.uk
sales@sealey.co.uk



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR /TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00

27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Dimas Attri
No. Mahasiswa : 07509131006
Judul PA/TAS : Rekordasi Sistem Kemudi dan Sistem Suspensi
Mobil Toyota thace
Dosen Pembimbing : Tauhidjono Us., M. Pd.

| Bimb. Ke | Hari/Tanggal Bimbingan | Materi Bimbingan | Catatan Dosen Pembimbing | Tanda tangan Dosen Pemb. |
|----------|------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | Kamis | | Ok siap ujian | ✓ 31/3 |
| 2 | 31-03-2011 | | ujian setelah selesai | |
| 3 | | | meny. di Pro II | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |

Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali
Bila lebih dari 6 kali. Kartu ini boleh d'copy.
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PA/TAS



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR /TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Dimas Arcci
No. Mahasiswa : 01509131006
Judul PATAS : Rekondisi Sistem Kemudi dan Sistem Suspensi
Mobil Toyota Hiace
Dosen Pembimbing : Tjardjono Us, M.Pd.

| Bimb. Ke | Hari/Tanggal Bimbingan | Materi Bimbingan | Catatan Dosen Pembimbing | Tanda tangan Dosen Pemb. |
|----------|------------------------|------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 1 | Selasa | Bab IV, V | =Kebutuhan Batian dan | |
| 2 | 28-03-11 | | Pembiayaan kek tulang | |
| 3 | | | =Kesimpulan: | |
| 4 | | | -Langkah ² pemeriksaan | |
| 5 | | | tidak perlu, tulis | |
| 6 | | | hasil dari identifikasi | |
| 7 | | | - dijelaskan kebenaran | |
| 8 | | | hasil pengujian apa saja | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |

Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali
Bila lebih dari 6 kali. Kartu ini boleh d'copy.
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PATAS



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR /TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Darius Arzeli
No. Mahasiswa : 07509131006
Judul PAKTAS : Rekonstruksi Sistem Kemudi dan Sistem Suspensi Mobil Toyota Hiace
Dosen Pembimbing : Taukardjono Us, M. A.

| Bimb. Ke | Hari/Tanggal Bimbingan | Materi Bimbingan | Catatan Dosen Pembimbing | Tanda tangan Dosen Pemb. |
|----------|------------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Rabu | Bab I, IV | = LBM kurang → min 2 bal | |
| 2 | 23-03-11 | | = Tabel 6 & 7 sudah posisi / letak | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | = Perbatasan kurang menyeluruh | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | = Indikator Test Drive apa saja | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |

Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali
Bila lebih dari 6 kali. Kartu ini boleh d'copy.
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PAKTAS



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR /TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Dimas Arcci
No. Mahasiswa : 07509131006
Judul PATAS : Rekonstruksi Sistem Kemudi dan Sistem Suspensi
Mobil Toyota Hiace
Dosen Pembimbing : Tawardjono Us, M.Pa

| Bimb. Ke | Hari/Tanggal Bimbingan | Materi Bimbingan | Catatan Dosen Pembimbing | Tanda tangan Dosen Pemb. |
|----------|------------------------|------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Kamis | Bab I | = LBM kurang | |
| 2 | 10-03-11 | II, III | = Sub Bab Bab II disusun ulang | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | = Pengertian WA belum ada | |
| 5 | | | = Pembatasan Alat WA kurang | |
| 6 | | | = Rancangan Langkah kerja | |
| 7 | | | dipertahani | |
| 8 | | | | |
| 9 | Selasa | Bab I | = LBM alinea I masih salah | |
| 10 | 15-03-11 | IV | = Indikator Test Drive diperjelas = Pembatasan kurang | |

Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali
Bila lebih dari 6 kali. Kartu ini boleh d copy.
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PATAS



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR /TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Dimas Acci
No. Mahasiswa : 07509131006
Judul PAKAS : Rekordasi Sistem Kemudi dan Sistem Suspensi
Mobil Toyota Hilux
Dosen Pembimbing : Tanardjono Us, M. Ed.

| Bimb. Ke | Hari/Tanggal Bimbingan | Materi Bimbingan | Catatan Dosen Pembimbing | Tanda tangan Dosen Pemb. |
|----------|------------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 1 | Rabu | BAB I | = LBM dimulai dari cerita | |
| 2 | 22-12-10 | | = apa yang seharusnya dulu | |
| 3 | | | = Di LBM tidak ada identifikasi | |
| 4 | | | = Alasan Batasan Masalah | |
| 5 | | | terlalu klasik | |
| 6 | | | | |
| 7 | Senin | BAB I, II | = LBM ditinjau ulang | |
| 8 | 07-03-11 | | = Rumusan Masalah diperbaiki | |
| 9 | | | = Manfaat ditambahkan dg lembaga | |
| 10 | | | = BAB II → gambar diperjelas | |
| | | | = Nama sumber kutipan dicek | |

Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali
Bila lebih dari 6 kali. Kartu ini boleh d'copy.
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PAKAS



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Certificate No. QSU00392

BUKTI SELESAI REVISI PROYEK AKHIR D3/S1

FRM/OTO/11-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Dimas Arcei
No. Mahasiswa : 07509131006
Judul PA D3/S1 :
... Rekomendasi Sistem Kemudi dan Sistem Suspensi ...
... Mobil Toyota Haze ...
Dosen Pembimbing : Tauardjono Us, M. Pd.

Dengan ini Saya menyatakan Mahasiswa tersebut telah selesai revisi.

| No | Nama | Jabatan | Paraf | Tanggal |
|----|----------------------------|--------------------|-------|-------------|
| 1 | Tauardjono Us, M. Pd. | Ketua Penguji | | 20/5 - 2011 |
| 2 | H. Lilik Chaerul Y, M. Pd. | Sekretaris Penguji | | 20/5 - 2011 |
| 3 | M. Wakid, S. Pd., M. Ed. | Penguji Utama | | 20/5 2011 |

Keterangan :

1. Arsip Jurusan
2. Kartu wajib dilampirkan dalam laporan Proyek Akhir D3/S1